Série A, N° 76
N° d'ordre
93

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

PAR

Mlle M. COLANI

1re THÈSE. — Recherches sur les premières phases du développement de quelques Combrétacées et Barringtoniées.

2e THÈSE. — Propositions données par la Faculté.

Soutenues le 14 Novembre 1914 devant la Commission d'Examen.

MM. G. BONNIER. . . *Président.*
VÉLAIN. . . . . } *Examinateurs.*
PORTIER . . . . }

PARIS
IMPRIMERIE DE LA COUR D'APPEL
L. MARETHEUX, Directeur
1, RUE CASSETTE, 1
—
1914

Série A, N° 76

N° d'ordre

93

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

PAR

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Mlle M. COLANI

1re THÈSE. — Recherches sur les premières phases du développement de quelques Combrétacées et Barringtoniées.

2e THÈSE. — Propositions données par la Faculté.

Soutenues le 19 Novembre 1914 devant la Commission d'Examen.

MM. G. BONNIER . . . *Président.*
VÉLAIN . . . . } *Examinateurs.*
PORTIER . . . . }

PARIS
IMPRIMERIE DE LA COUR D'APPEL
L. MARETHEUX, Directeur
1, RUE CASSETTE, 1

1914

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen	P. APPELL, *Profess.*	Mécanique analytique et Mécanique céleste.
Doyen honoraire	G. DARBOUX, —	Géométrie supérieure.
Professeurs honoraires.	CH. WOLF.	
	J. RIBAN.	
Professeurs.	LIPPMANN	Physique.
	BOUTY	Physique.
	BOUSSINESQ	Physique mathém. et calcul des probabilités.
	PICARD	Analyse supérieure et algèbre supérieure.
	Y. DELAGE	Zoologie, anatomie, physiologie comparée.
	GASTON BONNIER	Botanique.
	DASTRE	Physiologie.
	KOENIGS	Mécanique physique et expérimentale.
	VÉLAIN	Géographie physique.
	GOURSAT	Calcul différentiel et calcul intégral.
	HALLER	Chimie organique.
	JOANNIS	Chimie (Enseignement P.C.N.).
	JANET	Physique. —
	WALLERANT	Minéralogie.
	ANDOYER	Astronomie.
	PAINLEVÉ	Mécanique rationnelle.
	HAUG	Géologie.
	HOUSSAY	Zoologie.
	H. LE CHATELIER	Chimie.
	GABRIEL BERTRAND	Chimie biologique.
	Mme P. CURIE	Physique générale.
	CAULLERY	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
	C. CHABRIÉ	Chimie appliquée.
	G. URBAIN	Chimie.
	ÉMILE BOREL	Théorie des fonctions.
	MARCHIS	Aviation.
	JEAN PERRIN	Chimie physique.
	G. PRUVOT	Zoologie, anatomie, physiologie comparée.
	MATRUCHOT	Botanique.
	ABRAHAM	Physique.
	CARTAN	Calcul différentiel et calcul intégral.
	CL. GUICHARD	Mathématiques générales.
	MOLLIARD	Physiologie végétale.
	N.	Application de l'analyse à la géométrie.
	N.	Histologie.
Professeurs adjoints.	PUISEUX	Mécanique et astronomie.
	LEDUC	Physique.
	MICHEL	Minéralogie.
	HÉROUARD	Zoologie.
	LÉON BERTRAND	Géologie.
	RÉMY PERRIER	Zoologie (Enseignement P.C.N.).
	COTTON	Physique.
	LESPIEAU	Chimie.
	GENTIL	Pétrographie.
	SAGNAC	Physique (Enseignement P. C. N.).
	PEREZ	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
Secrétaire	D. TOMBECK.	

A

MONSIEUR GASTON BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR A LA SORBONNE

Très respectueux hommage.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551415_0030

INTRODUCTION

J'ai entrepris des recherches sur la germination des dialypétales à ovaire adhérent des pays tropicaux.

Je me suis attachée, parmi elles, à l'étude de quelques *Combrétacées* et *Barringtoniées*. J'espère pouvoir ultérieurement développer ce travail et l'étendre à quelques genres ou espèces intéressants des *Myrtacées*, *Mélastomacées* et familles voisines. Je n'ai trouvé que des indications très sommaires dans Brandis *in* Engler Prantl, sur la germination de *T. Catappa*. Lubbock, dans son ouvrage *On Seedlings*, cite la germination de *Combretum sundaicum* Miq. Lignier, dans ses recherches anatomiques sur les *Lécythidacées* ne décrit, comme germination, que celle de *Gustavia Leopoldi*. Il n'y a, à ma connaissance tout au moins, que dans ce travail de Lignier que l'on trouve des renseignements anatomiques et histologiques sur la germination.

Au cours de cette étude, j'ai été naturellement amenée à retrouver et à vérifier les faits énoncés par divers auteurs qui se sont occupés de l'anatomie des *Combrétacées* et des *Barringtoniées*, c'est-à-dire Heiden, Holtermann, Lefèvre, Turquet, Lignier, etc. J'en ai profité pour préciser quelques points de l'anatomie de *T. Catappa* dont j'avais de nombreux exemplaires vivants sous la main. On trouvera ces observations à la suite de la description de la germination de cette plante.

Les graines dont je me suis servie ont été ou récoltées sur place par moi, dans le delta du Tonkin, ou m'ont été envoyées soit par le Jardin botanique de Buitenzorg, soit par celui de *Peradenia*. Qu'il me soit ici permis de leur adresser tous mes remerciements et l'expression de ma vive gratitude. Ces semences

ne quittaient donc pas la zone tropicale et étaient semées à Hanoï dès leur récolte, ou leur réception. Comme Combrétacées, j'ai eu à ma disposition des graines de *Terminalia Catappa*, *T. Chebula*, *T. arjuna*, *T. bellerica* et de *Poivrea* sp. Le *T. arjuna* et le *T. bellerica* ne m'ont donné aucune espèce de germination.

Le *Terminalia Catappa* Willd. est originaire des Iles Malaises et des côtes de Madagascar. On le trouve rarement à l'état sauvage, mais il est cultivé sur tout le pourtour de l'Océan Indien. Il a été introduit à la Guyane, à la Martinique et à la Guadeloupe (de Lanessan). On le trouve aussi aux îles Fidji, Liou-Kiou, à Saint-Louis, dans la Gambie, à Santiago, à San Thomé, etc.

Il a été souvent confondu avec le *T. procera*, espèce très voisine.

On le cultive en général comme plante d'ornement; poussant très vite, il donne rapidement de belles allées (Est africain). Au Tonkin, il se reproduit spontanément autour des villes. On se sert quelquefois de son bois. Le fruit est comestible (Nouvelle-Calédonie, Est africain). L'amande contient une certaine quantité d'huile qui pourrait faire un objet d'exportation d'après Sthulmann; cet auteur semble confondre le *T. Catappa* et le *T. procera*. L'écorce est employée pour la tannerie (Cochinchine, de Lanessan). Les feuilles, au moment de leur chute seulement, sont riches en principes tinctoriaux qui servent aux Annamites à teindre leurs étoffes en noir.

En médecine indigène, l'écorce est très employée aux Indes contre les fièvres gastriques, bilieuses, etc. (de Lanessan). Dans la pharmacopée sino-annamite, il est très réputé contre les crampes d'estomac et les maladies de l'intestin (Hurrier).

Les graines dont je me suis servie provenaient toutes des environs d'Hanoï et ont été semées dès la maturité. Les fruits ne germent guère qu'après l'hiver; pendant ces mois relativement froids, ils restent attachés à l'arbre, bien qu'étant à maturité. Ce mode de conservation des fruits par la plante mère se rencontre dans d'autres familles. Ce sont probablement des phénomènes d'adaptation à un climat très spécial, extrêmement humide, où les moisissures attaquent rapidement les graines qui ne germent pas tout de suite.

Le *Terminalia Chebula* Willd. est un arbre de 15 à 20 mètres de haut, sur 20 à 60 centimètres de diamètre.

Il est très répandu aux Indes et dans toute l'Asie méridionale, de la Perse à la Chine. Ses fruits appelés Myrobolans noirs ou Myrobolans chebules sont extrêmement riches en tanin, jusqu'à 38 p. 100 et servent beaucoup en teinture et pour le tannage. Le bois est utilisé pour l'ébénisterie, car il est à grains serrés et durs, susceptible d'un beau poli.

Les graines de *Terminalia Chebula* sont à l'heure actuelle l'objet d'un important commerce dans l'Hindoustan et en Perse. Elles servaient autrefois en matière médicale, et étaient les plus recommandés des remèdes appelés Myrobolans. Ils ont des propriétés toniques, laxatives, astringentes, etc.

Le *Poivrea* sp. que j'ai étudié n'est pas exactement déterminé. C'est la plante n° XVIII B. 57 du Jardin botanique de Buitenzorg.

Le *Barringtonia speciosa* Willd., est originaire de l'Archipel Malais et est répandu dans tout le sud de l'Asie. Il donne un bois de construction médiocre; ses graines sont comestibles et sont employées souvent à la pêche pour enivrer les poissons. Elles sont connues depuis longtemps pour être (du moins en apparence) dépourvues de cotylédons, particularité qu'elles partagent avec les Bertholletia et même avec un grand nombre d'autres Myrtacées, comme l'aurait montré Auguste de Saint-Hilaire, d'après l'éditeur des *Archives de Botanique*[1].

1. *Archives de Botanique*, t. II, p. 512. Paris, 1833.

TECHNIQUE

Mes échantillons ont été examinés soit à l'état frais, soit après conservation dans le formol, en solution aux titres de 5 à 10 p. 100 Pour raffermir les tissus, avant d'effectuer les coupes, je les ai fait macérer dans des solutions d'alcool graduées de 15 degrés en 15 degrés (de 15 à 90 degrés; vingt-quatre heures dans chaque solution). Un outillage insuffisant m'a obligée à pratiquer mes coupes à la main, sans le secours d'aucun microtome. Elles ont été traitées ensuite, soit par le « Réactif génevois », qui est favorable à la photographie, soit par la méthode de la double coloration (vert d'iode et carmin), et placées dans du baume du Canada.

Les coupes effectuées dans les tissus jeunes étant particulièrement délicates, j'ai adopté pour les traiter un micropline à toile de platine mobile; il permet, non seulement de transporter les coupes minces d'un réactif dans l'autre sans risquer de les endommager, mais encore de les mettre facilement sur la lame porte-objet.

RECHERCHES

SUR LES PREMIÈRES PHASES DU DÉVELOPPEMENT

DE QUELQUES

COMBRÉTACÉES ET BARRINGTONIÉES

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE DU *TERMINALIA CATAPPA* Willd.

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE DES PREMIÈRES PHASES DU DÉVELOPPEMENT

Le Fruit.

Le fruit est une drupe lisse, ovale, comprimée (Pl. I, fig. 1); il se compose de trois parties[1] : 1° l'exocarpe, mou et charnu; 2° le mésocarpe, lâche: 3° l'endocarpe, épais, très dur. A maturité, ce fruit mesure en moyenne $5^{cm},5$ de longueur. L'extrémité opposée au pédoncule se termine en pointe, les bords latéraux forment deux angles. Dans d'autres espèces de *Terminalia*, *T. macroptera*, Guill. et Perr., *T. Oliveri* Brandis, et chez toutes les Combrétacées en général, le fruit est ailé, c'est une samare. Dans l'ovaire, se trouvent deux ovules anatropes, fixés par les funicules aux

1. Brandis, p. 112.

placentas qui sont au pôle opposé à celui du pédoncule. Dans le fruit mûr, il y a presque toujours un seul embryon. La graine mûre est exalbuminée.

Embryon avant la germination. — Je décrirai d'abord un embryon avant la germination, puis la plantule à différents stades de son développement.

Embryon : Il mesure environ 2 centimètres de long, sur $6^{mm}5$ de diamètre; il est ellipsoïde et se termine en pointe à la partie voisine du micropyle. Là se trouve la radicule, grande, conique à son extrémité inférieure. Elle est enveloppée dans sa presque totalité par les cotylédons. Ceux-ci, longs et surtout larges, appliqués l'un contre l'autre, s'enroulent quatre fois sur eux-mêmes. Ils ont la forme d'un trapèze à bords convexes, la petite base portant en son milieu le pétiole. Ils sont riches en matières nutritives, huileux[1]. D'après Roxburgh[2], ils peuvent être comestibles.

La tigelle est courte.

La Germination (Pl. I, fig. 1 et 2).

La germination dure, en général, de vingt à vingt-sept jours. Le mésocarpe et l'endocarpe forment une enveloppe épaisse (7 millimètres environ à l'équateur; $1^{cm},1$ aux extrémités). Sur la face supérieure de la semence, on remarque deux sillons longitudinaux, parallèles aux bords, c'est par là que se fera la déhiscence. A l'extrémité opposée au pédoncule, se trouve un petit canal de direction oblique par rapport à l'axe de l'embryon, obstrué par deux funicules; comme je l'ai indiqué plus haut, un seul des deux ovules contenus dans l'ovaire se développe, sauf quelques rares exceptions. A mesure que la plantule augmente de volume, elle repousse son funicule qui se replie deux fois sur lui-même.

Au début de la germination, les tissus du micropyle se fendent et la radicule sort. Elle s'engage dans le canal ligneux et fait bientôt saillie hors de la graine. La partie supérieure de la radi-

1. Lefèvre, p. 60.
2. Roxburgh, p. 380.

cule reste dans le canal; la portion inférieure de la tigelle vient buter contre les bords internes de ce canal; ne pouvant se développer en longueur, elle s'épaissit. Il se forme, à sa partie inférieure, du côté de la concavité de la courbe décrite par l'embryon, une saillie parenchymateuse. La partie de la radicule externe à la coque fait, à cause de l'obliquité du canal, un angle aigu avec sa portion interne et un angle droit avec le prolongement de l'axe du cylindre (cotylédons, tigelle). Pendant ce temps, l'enveloppe ligneuse s'entr'ouvre peu à peu, suivant les lignes signalées plus haut. La déhiscence commence au point où sort la radicule.

Dans d'autres cas rares, la radicule, arrivée à la partie supérieure du canal, profitant de l'écartement des valves de la coque, se replie sur elle-même, suit un sillon creusé dans l'endocarpe et sort près de la cicatrice du pédoncule, à une distance moyenne de 14 millimètres.

Dans les deux cas, les cotylédons se développent et rejettent le tégument, mais restent enroulés. Les amyloleucites élaborent de l'amidon. Les chloroleucites se colorent en vert; par l'écartement des deux valves, les rayons lumineux pénètrent vers la plantule.

Pendant plusieurs jours, les valves, séparées l'une de l'autre dans presque toute leur longueur, restent attachées par les filaments du mésocarpe; elles forment, avec la gaine cotylédonaire, une enveloppe protectrice de la partie supérieure de la plantule (Pl. I, fig. 1). Puis, les cotylédons se débarrassent de l'enveloppe ligneuse. La tigelle grandit et soulève les cotylédons (germination épigée) qui se déroulent. A ce moment, la radicule et la tigelle présentent la disposition suivante : radicule verticale, puis horizontale ou oblique pendant quelques millimètres, tigelle verticale; leurs axes ne sont donc pas dans le prolongement l'un de l'autre (Pl. I, fig. 3). Au-dessous du collet pend l'éperon parenchymateux mentionné plus haut. J'ai trouvé cet éperon, plus ou moins développé, dans tous les échantillons que j'ai examinés. Il est figuré par Brandis[1].

1. Brandis, p. 116.

Etude anatomique et histologique de l'embryon avant la germination.

Radicule. — Dans une coupe longitudinale axiale d'une graine ayant atteint son complet développement, on voit : 1° la coiffe, avec trois initiales (coiffe et assise pilifère); trois initiales également pour l'écorce et trois pour le cylindre central; 2° l'écorce, elle comprend, dans la région externe, sept assises de cellules, petites, serrées, allongées ; dans la région interne, douze assises de cellules plus grandes, plus l'endoderme à cellules petites, régulièrement disposées; 3° le cylindre central, qui ne se distingue, dans une coupe pratiquée à la partie inférieure de la radicule, des autres tissus que par les dimensions de ses cellules, très étroites; elles sont allongées, et, à ce niveau, n'ont subi aucune différenciation. Le parenchyme médullaire a des cellules arrondies, souvent plus larges que longues. Le cylindre central, déjà dans la région inférieure, présente, en coupe transversale, la forme d'un hexagone curviligne peu régulier.

Hypocotyle (Pl. II, fig. 4). — Il est large et court. En coupe transversale, on distingue : l'épiderme, à cellules petites, régulières; l'écorce, formée de deux régions peu nettes, comprenant une vingtaine d'assises de cellules, avec un endoderme à cellules régulières. Le cylindre central a une forme annulaire : le péricycle se compose de deux assises de cellules; le bois comprend six faisceaux ligneux alternant avec des faisceaux libériens. Chaque faisceau ligneux se compose de trois vaisseaux spirales; ils sont dans un parenchyme à petites cellules, non encore différenciées. Un ou deux de ces faisceaux sont à position intermédiaire, un ou deux alternes primitifs persistant encore.

Les faisceaux libériens renferment un tube criblé, à différenciation nacrée. (En coupe longitudinale, on voit que les cloisons transversales sont presque horizontales; le tube fonctionne et communique avec les cellules annexes.) La disposition superposée s'établit assez nettement près du nœud cotylédonaire.

Le parenchyme médullaire est constitué par de grandes cellules polyédriques. Les parenchymes cortical et médullaire et le mésophylle des cotylédons sont bourrés de matières de réserve : des amyloleucites colorables, chez les sujets plus âgés, en

violet par les solutions iodées, des gouttelettes d'huile, etc. Ces aliments de réserve deviennent, lors de la germination, la proie des fourmis qui détruisent beaucoup de ces embryons.

Cotylédons. — La face interne, plus tard face supérieure de l'un des cotylédons, se trouve placée contre la face externe de l'autre.

La face supérieure est munie d'une cuticule épaisse; à la face inférieure, le revêtement de cutine est plus mince. Vues de face.

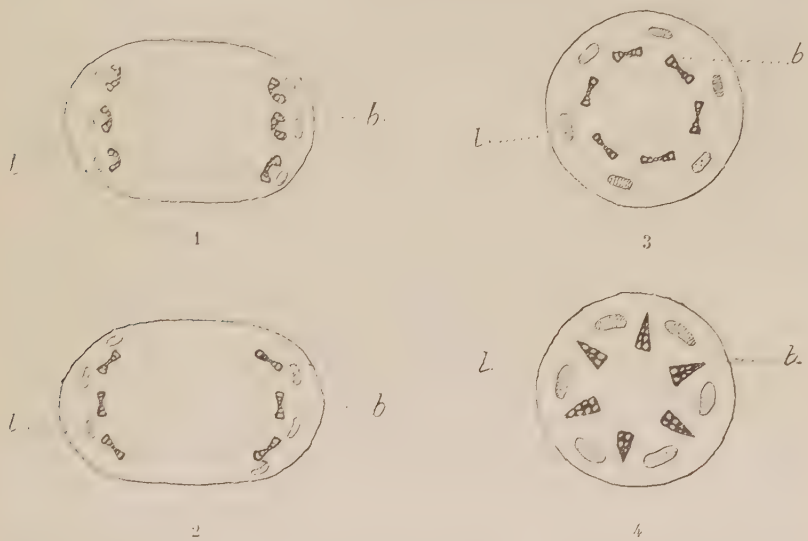

Schéma représentant le passage de la structure tige à la structure racine chez le *T. Catappa.* — 1, coupe transversale au niveau des pétioles des cotylédons, la structure tige est établie, mais les faisceaux ligneux n'ont pas encore leur forme définitive; 2, coupe faite un peu au-dessous, dans l'axe hypocotylé, la section est ovale, les faisceaux ligneux sont groupés aux deux extrémités, les faisceaux libériens ne sont pas encore opposés; 3, coupe faite dans la partie moyenne de l'axe hypocotylé, montrant une transition entre la structure tige et la structure racine; 4, coupe faite dans la racine : *l*, liber; *b*, bois.

les cellules épidermiques, qui sont dans toutes les feuilles sur le même type, présentent un contour sinueux correspondant au premier type de Turquet[1].

A ce stade, les cotylédons sont presque sessiles. Une coupe transversale, intéressant les deux feuilles, se compose de deux parties symétriques, à section réniforme, disposées hile contre

1. Turquet, p. 45.

hile. Chacune de ces masses contient trois faisceaux libéro-ligneux, disposés sur un arc de cercle à grande courbure, à concavité interne; ils formeront les trois nervures principales. Les vaisseaux ligneux sont spiralés.

Si l'on gratte avec précaution la face inférieure du cotylédon, on voit le système vasculaire : il se compose de trois nervures principales; les deux nervures latérales, plus minces, se séparent de la nervure médiane à la jonction du limbe et du pétiole.

Ces trois lignes forment deux angles aigus, leurs ramifications s'anastomosent en un réseau complet.

Histologie des cotylédons. — En coupe transversale, on voit douze assises de cellules, l'épiderme est à cellules régulières, allongées; l'assise des cellules en palissade, renferme des chloroleucites incolores, une assise de cellules arrondies; à ce niveau, correspond aux faisceaux des nervures. Le mésophylle présente de grandes cellules polygonales.

Étude anatomique et histologique de l'embryon pendant la germination.

Parcours des faisceaux libéro-ligneux dans une plantule très jeune. — Je vais examiner, au moyen de coupes transversales, la course des faisceaux ligneux dans une plantule prise au moment où les cotylédons, n'étant encore ni redressés, ni développés, forment avec les deux parties de la radicule et la tigelle quatre cylindres à axes très peu obliques, presque parallèles. A ce stade, la plante mesure 4 à $4^{cm},1/2$.

Première coupe, pratiquée à l'extrémité inférieure de la racine. – Six faisceaux ligneux alternent avec six faisceaux libériens

Deuxième coupe, pratiquée à l'extrémité supérieure de la racine. — Elle montre une couronne où les faisceaux ligneux sont nombreux. La lignification du parenchyme primitif, qui borde les faisceaux ligneux latéralement et en dedans, s'est produite de bonne heure et a été suivie de près par l'apparition d'une zone cambiale[1]. Malgré ces formations nouvelles, on peut voir que les faisceaux primaires du bois, ainsi que les plages libériennes, ont les mêmes dispositions que dans la coupe précédente.

1. Turquet, p. 14.

Troisième coupe, faite dans l'hypocotyle (il mesure 1 centimètre environ de longueur et a à peu près 1^{cm},1 de diamètre), *juste au-dessus du collet.* — Les faisceaux ligneux primaires ont une direction tangentielle plus ou moins accentuée.

Quatrième coupe, au milieu de l'hypocotyle. — La couronne (coupe transversale) ligneuse est très étroite. A l'intérieur, six faisceaux primaires font saillie; chacun comprend un vaisseau tangentiellement et deux radialement. La diposition de ces faisceaux primaires n'est pas droite, plusieurs décrivent des courbes et ne se sont placés ni radialement, ni tangentiellement, mais obliquement. Ils ont donc une disposition intermédiaire entre celle qu'ils avaient dans la racine et celle qu'ils occuperont dans la tige. Les vaisseaux étroits sont au centre et les vaisseaux larges à la périphérie.

Cinquième coupe, pratiquée au sommet de l'hypocotyle, très près des cotylédons. — Les vaisseaux du bois sont très nombreux, compris dans un parenchyme non encore lignifié. Les vaisseaux primaires forment six files nettement radiales, de deux à trois vaisseaux; les vaisseaux étroits vers le centre.

Résumé. — Racine : Partie inférieure, six faisceaux, pas de formations secondaires; partie supérieure, lignification du parenchyme qui borde latéralement, et, en dedans, les faisceaux primaires. Début des formations secondaires.

Hypocotyle : Près du collet, les faisceaux primaires ont une disposition tangentielle. Au milieu, les faisceaux primaires sont courbes et ont une disposition oblique; six faisceaux primaires, vaisseaux étroits vers le centre. Au sommet, les formations secondaires sont développées; six faisceaux primaires, disposition radiale.

Les faisceaux libériens demeurent rectilignes.

C'est un cas où le passage d'une structure à l'autre se produit dans une grande partie de l'axe hypocotylé.

La plantule immédiatement avant le développement de la gemmule. — Examinons, maintenant, une plantule plus âgée (Pl. I, fig. 3). Pendant un certain temps, la tigelle s'allonge un peu; la radicule croît, mais les cotylédons, enroulés en cylindre, partie supérieure dirigée vers le sol, forment un angle aigu avec la tigelle; l'angle qui se trouve au haut de la racine persiste, en sorte que la plantule présente trois angles, aigus ou droits, sui-

vant les sujets, deux à sommets supérieurs, un à sommet inférieur. Les cotylédons se redressent peu à peu, se déroulent, s'orientent suivant un plan vertical.

Dans l'échantillon examiné, la gemmule n'est pas encore développée, l'axe hypocotylé est épais, son plus grand diamètre est à la base, il porte l'éperon mentionné plus haut; il mesure environ $6^{cm},5$ de longueur. Les cotylédons ont $5^{cm},2$ dans une dimension, et $3^{cm},5$ dans l'autre. La racine, qui s'est redressée, a $7^{cm},4$.

Je vais examiner une racine; en partant de la coiffe, chez la plupart des sujets, elle se compose : 1° d'une partie grêle, environ 2 centimètres de long sur $0^{mm},7$ de diamètre; 2° d'une partie plus large, 3 centimètres de long, 2 millimètres de diamètre, portant des radicelles (ces chiffres sont des moyennes; il va sans dire qu'ils varient légèrement d'un échantillon à l'autre). Le passage de la première à la deuxième partie ne s'effectue pas de la même manière chez tous les sujets : chez les uns, le manchon cortical externe de la portion large se décolle en quelque sorte brusquement; chez d'autres, l'exfoliation des tissus externes se produit graduellement.

Première coupe transversale pratiquée dans la partie étroite, partie décortiquée, à 1 centimètre au-dessus de la coiffe. — La forme est hexagonale; cette coupe comprend : 1° le tissu cortical, très mince; 2° le cylindre central qui se compose de six faisceaux ligneux primaires, un à chaque angle de l'hexagone, la pointe tournée vers l'extérieur; 3° le parenchyme médullaire développé.

Examen à un fort grossissement : 1° Le tissu cortical n'est plus représenté que par l'endoderme, cellules rectangulaires, petites, très allongées tangentiellement;

2° Le cylindre central : *a*) le péricycle; il a une assise de cellules rectangulaires; les cloisons radiales alternent avec celles de l'endoderme. *b*) Les faisceaux ligneux, ayant les vaisseaux spiralés, étroits, au sommet du triangle, vers l'extérieur, et les vaisseaux ponctués, plus larges, à la base. Tangentiellement, à la base, quatre vaisseaux; radialement, quatre. *c*) Le liber; il alterne avec les faisceaux ligneux. *d*) La moelle; cellules ovales, allongées tangentiellement.

Deuxième coupe transversale pratiquée dans la même plante, à 7 millimètres environ au-dessus du point où commence la partie large de la racine. — La coupe est un cercle, mais le cylindre central est un hexagone peu régulier. Le rayon du cylindre

central est un peu plus de la moitié du rayon de la coupe. La moelle ne forme plus qu'un petit îlot central[1].

L'écorce peut être divisée : 1° En écorce externe, une assise de cellules petites, assez régulières, parallélipipèdes rectangles dont la grande dimension est parallèle à l'axe de l'hypocotyle, puis cinq assises de cellules plus grandes, moins régulières, également parallélipipédiques, allongement dans le sens de l'axe de l'hypocotyle;

2° Parenchyme cortical interne, huit assises de cellules : *a*) Une assise de cellules allongées tangentiellement et surtout dans le sens de l'axe de l'hypocotyle (coupe longitudinale), plus étroites que les précédentes. *b*) Quatre assises de cellules irrégulières, allongées tangentiellement ou isodiamétriques; à partir de la troisième, on trouve de grandes lacunes qui se répètent dans toutes les coupes pratiquées à ce niveau. Elles proviennent de la destruction des tissus. Ces lacunes finissent par se rejoindre et le manchon cortical, sauf les assises les plus internes, se détache. C'est ce que nous avons vu dans la coupe précédente. La sixième assise comprend des cellules contenant de grosses mâcles en oursin d'oxalate de calcium[2]. Traitées par l'acide sulfurique, elles donnent de fines aiguilles de sulfate de calcium[3]. Ces mâcles, en coupe transversale, forment une couronne. La septième assise comprend des cellules plus petites, allongées tangentiellement, mais dont la grande dimension est dans le sens de l'axe de l'hypocotyle; plusieurs sont en voie de division (cloison radiale). La huitième assise, l'endoderme, a des cellules régulières, ovales, allongées tangentiellement et plus encore dans le sens de l'axe de l'hypocotyle, presque toutes sont partagées par une cloison radiale; elles sont donc en voie de division, quelques-unes sont devenues tannifères.

Cylindre central : *a*) Péricycle, cellules petites, allongées tangentiellement, alternant avec les précédentes; deux assises. *b*) Le liber : le liber primaire est plus ou moins écrasé. Le liber secondaire, tubes criblés et cellules, est en files radiales, régulières, éléments allongés tangentiellement. Dans sa région externe se trouvent des plages de fibres en voie de sclérification; elles présentent une section polygonale, à lumière étroite; elles sont opposées au liber primaire. *c*) L'assise génératrice libéro-ligneuse. *d*) Le bois : il se

1. Turquet, p. 14.
2. Lefèvre, p. 35.
3. Coupin, p. 223.

compose de bois secondaire, cellules ligneuses et vaisseaux. Les premières, à section polygonale, sont disposées en files radiales nettes. Certains vaisseaux à section polygonale, ont une lumière très grande (le double du diamètre radial d'une cellule ligneuse). Ils sont groupés assez régulièrement. Le bois primaire, rejeté vers l'intérieur, est peu distinct, vaisseaux spiralés, très étroits, à l'extérieur, vaisseaux plus larges à l'intérieur. *e*) Rayons médullaires; ils comprennent une seule assise de cellule, tangentiellement. *f*) La moelle (tissu en voie de destruction, cellules déchirées, de grandes lacunes) est écrasée par la poussée centripète du bois. Les cellules sont arrondies, allongées dans le sens de l'axe de l'hypocotyle (coupe longitudinale). Entre ces cellules se trouvent de petits méats.

Dans cette partie de la racine naissent des radicelles; j'en ai compté jusqu'à deux dans une même coupe transversale; comme elles n'étaient pas au même niveau, le plan de la coupe les traversait en des régions différentes. Elles proviennent d'un arc péricyclique de six cellules[1]. Dans la section dont il est question, les cristaux en oursins ont une distribution particulière : la racine principale n'en contient plus guère, sauf dans la partie externe du tissu cortical; au pourtour de la radicelle se trouvent généralement quelques grosses mâcles. Dans le liber de la radicelle, au point où il commence à se former, à l'intérieur, dans trois assises, on trouve en abondance de petits cristaux en oursins. J'en ai compté un par cellule; l'écorce de la radicelle en contient également.

Troisième coupe transversale. — Elle est pratiquée dans la racine, très près de l'hypocotyle (Pl. III, fig. 7). Au point de vue de la disposition générale, elle offre les particularités suivantes : le manchon cortical a un diamètre qui est plus de la moitié du diamètre total. Le diamètre de la moelle est presque égal à celui du manchon libéro-ligneux; il n'y a donc plus ici, comme dans la coupe précédente, écrasement du parenchyme médullaire.

Près du bord externe du cylindre central, des îlots de liber primaire, écrasé par les formations secondaires, figurent six convexités, donnant au cylindre central la forme d'un hexagone, à courbes très atténuées. A l'intérieur de chaque convexité, dans la portion externe du liber secondaire, se trouve une plage de fibres

1. Van Tieghem et Douliot, *in* Turquet, p. 15.

lignifiées. En face de chaque angle rentrant du polygone, à la limite du bois et de la moelle, on voit les faisceaux ligneux primaires, la pointe vers l'extérieur.

En examinant les tissus de plus près, on remarque : 1° L'écorce externe qui comprend sept assises de cellules. *a*) Une assise de cellules petites et régulières. *b*) Trois assises de cellules tabulaires, régulières, subérifiées. *c*) L'assise génératrice subéro-phellodermique. *d*) Deux assises de phelloderme, allongées tangentiellement, assez régulières. Le périderme n'a donc pas ici son origine dans le péricycle, comme c'est le cas général chez les Combrétacées, mais il provient des couches superficielles du parenchyme[1]. L'écorce interne comprend dix rangées de cellules; elles sont grandes, arrondies, à grand diamètre tangentiel ou isodiamétriques. Elles présentent entre elles des méats. L'assise contiguë à l'assise préendodermique contient quelques cristaux en oursins; ils n'abondent plus comme dans la coupe précédente. Dans l'endoderme, à cellules allongées tangentiellement, très régulières, on voit nettement, aux cloisons radiales, les cadres plissés.

Les cellules du péricycle et surtout du liber primaire sont écrasées, allongées tangentiellement. Le bois se compose de bandes de fibres ligneuses, de cellules lignifiées et de vaisseaux.

Dans la moelle, les cellules de taille moyenne, arrondies, contiennent des mâcles en oursins.

Comme je l'ai indiqué plus haut, l'axe de l'hypocotyle n'est pas en continuation avec l'axe de la racine ; en outre, à la base de la tigelle, se trouve une saillie que j'ai appelée éperon. Si l'on fait une coupe longitudinale dans cette région, on voit que le cylindre central, étroit dans la portion verticale de la racine, s'élargit dans la partie horizontale (ou plus souvent oblique), et s'élargit encore plus dans l'hypocotyle. Il suit les contours extérieurs (en coupe longitudinale), sauf au niveau de l'éperon où il forme un angle beaucoup plus obtus que le contour externe, ce qui revient à dire que l'éperon est constitué surtout par le parenchyme cortical. Une coupe transversale confirme cette disposition.

Quatrième coupe transversale pratiquée à la base de l'axe hypocotyle. — Cette coupe a la forme d'une ellipse présentant un angle au milieu de l'éperon.

1. Lefèvre, p. 60.

L'assise externe de l'écorce est formée de cellules petites, régulières, à cuticule épaisse. Les autres assises comprennent des cellules arrondies, serrées. Dans l'avant-dernière assise corticale, on voit des mâcles en oursins.

Cylindre central : Le péricycle contient des fibres lignifiées. Le liber primaire est en partie dissocié. Le liber secondaire contient des fibres lignifiées, à lumière plus étroite que celle des fibres péricycliques. Le bois, peu épais, est composé de vaisseaux ponctués, à lumière de diamètre moyen et de fibres. Le bois primaire a des vaisseaux qui occupent les positions suivantes : au lieu d'être placés radialement, ils sont obliques et forment chacun une courbe. La torsion des faisceaux ligneux primaires commence donc à ce niveau.

A la limite du bois et de la moelle, se trouvent des cellules petites, très allongées tangentiellement. C'est le liber périmédullaire qui s'organise. Le parenchyme médullaire se compose de cellules arrondies, laissant entre elles de petits méats.

Cinquième coupe transversale et longitudinale pratiquées au milieu de l'hypocotyle (Pl. II, fig. 5, le sujet est un peu plus jeune). — 1° Tissu cortical peu développé, son diamètre n'est pas le tiers du diamètre total; 2° cylindre central, le diamètre de l'anneau ligneux plus petit que celui du parenchyme cortical, moelle peu développée. A remarquer deux anneaux concentriques, péricyclique et libérien, de fibres; dans le premier, les plages sont séparées par des cellules péricycliques, et dans le second par des cellules libériennes.

Le cylindre central figure un hexagone dont deux angles symétriques seraient très obtus. En face de chacun des côtés, le liber médullaire forme un segment à convexité tournée vers l'intérieur. Chacun de ces groupes est vis-à-vis d'un faisceau ligneux primaire qui, lui-même, est opposé à un faisceau libérien primaire.

Au point de vue histologique, il est à remarquer de nombreux poils unicellulaires d'origine épidermique (il y en avait déjà à la base de la tigelle). Des mâcles en oursins dans l'écorce interne. Le liber médullaire est en voie de cloisonnement très actif. Des mâcles en oursins dans le parenchyme médullaire.

Sixième coupe transversale pratiquée au sommet de l'hypocotyle près des pétioles des cotylédons. — Cette coupe est elliptique, mais il y a peu de différence entre le grand axe et le petit axe; dans le cylindre central, le petit axe n'est guère plus de la moitié du

grand axe. Le tissu cortical qui se trouve sur le petit axe a donc l'épaisseur maximum de la coupe.

A la périphérie de l'ellipse formant le cylindre central, et parallèlement au grand axe se trouve un faisceau de douze vaisseaux ligneux (sens tangentiel), comprenant au plus cinq assises (radialement). En face de ces faisceaux, à l'intérieur, le liber interne est plus épais que dans le reste de la coupe.

Aux deux extrémités du grand axe de l'ellipse, les files de vaisseaux ligneux n'ont qu'une cellule (tangentiellement). Le liber interne est disposé par plages, comprises dans un parenchyme à petites cellules.

On peut signaler une cuticule bien développée, de longs poils unicellulaires, des mâcles en oursins dans l'écorce externe et surtout dans l'écore interne. De nombreux méats, très petits, dans le parenchyme cortical interne.

Dans la moelle, région externe, se trouvent de nombreuses mâcles en oursins; dans d'autres cellules, assez rarement, on peut observer des grains d'amidon.

Septième coupe pratiquée dans l'hypocotyle, deux millimètres environ plus haut. — Le cylindre central forme deux ellipses, une à grande et l'autre à petite courbure; elles se raccordent.

Un millimètre plus haut, la coupe transversale subit un commencement d'étranglement perpendiculaire à son grand axe. Dans le cylindre central, il se forme trois courbes presque séparées, mais se raccordant encore. Elles sont inégales : la plus petite, située entre les deux autres, sera le système vasculaire de la tige. Les deux courbes latérales sont le début de l'appareil libéro-ligneux du pétiole des cotylédons. Le grand axe de l'ellipse moyenne est la moitié de celui de l'autre ellipse; le diamètre du cercle central est contenu deux fois et demie dans l'axe de la petite ellipse.

Dans chaque pétiole, on voit des faisceaux ligneux : 3 files de cellules, radialement, une, tangentiellement, séparées par une ou deux rangées de cellules, formant les rayons médullaires primaires. Dans la tige se trouvent deux vaisseaux ligneux, début de deux faisceaux.

Huitième coupe transversale pratiquée à l'extrémité inférieure des pétioles cotylédonaires, au-dessous de deux feuilles de la gemmule, non encore développées. — Les trois parties que l'on observait dans le cylindre central de la coupe précédente sont sépa-

rées : le pétiole le plus développé forme une portion d'ellipse, son système libéro-ligneux est en forme de fer à cheval, à bords rapprochés; le petit pétiole figure une portion de cercle à bord intérieur concave; son système libéro-ligneux est disposé en croissant; la section de la gemmule est un cercle. Dans les pétioles, vers la face interne, de chaque côté du plan de symétrie, on voit deux faisceaux ligneux isolés.

Les épidermes de ces trois membres de la jeune plante sont abondamment pourvus de poils unicellulaires. L'écorce externe comprend cinq assises de cellules, régulières, polyédriques; l'écorce interne a de grandes cellules arrondies, avec intercalation de cellules très petites; les faisceaux libéro-ligneux sont bicollatéraux; un faisceau ligneux se compose de deux à trois vaisseaux, radialement, sur un rang, tangentiellement; ces faisceaux sont séparés par des cellules parenchymateuses. Les cellules situées à l'intérieur du croissant libéro-ligneux, cellules médullaires, rappellent, comme forme, le parenchyme cortical, mais elles sont plus petites.

Étude de la gemmule. — J'examine maintenant le petit cylindre qui, dans la dernière coupe, se trouvait, en section transversale, entre les cotylédons et qui n'est autre que la gemmule.

Dans une coupe longitudinale pratiquée au sommet de la gemmule, on voit deux petits mamelons d'inégale longueur : l'un est trois fois plus long que l'autre; entre les deux, se trouve une petite convexité, l'extrémité de la jeune tige. Dans cette région, on voit (en examinant la coupe de haut en bas) des cellules très petites, rectangulaires, régulières; elles constituent le méristème épidermique, au-dessous sont celles du méristème vasculaire, et plus bas, celles du méristème médullaire. Ces cellules ont parfois plusieurs noyaux; toutes les cellules de cette région ont de gros noyaux.

Feuille gemmulaire la moins développée. — En coupe longitudinale, on voit : 1° trois assises de cellules cubiques, petites, très régulières, régulièrement disposées; 2° quelques assises de cellules allongées selon la plus grande dimension de la feuille, très étroites; les trois premières assises constituent l'épiderme, le méristème cortical périphérique; les autres sont le méristème vasculaire.

Si l'on considère la coupe un peu plus bas, au-dessous du mamelon foliaire, en allant de l'extérieur vers le centre, on voit : une assise de cellules épidermiques, donnant naissance à de nombreux poils unicellulaires, neuf assises de cellules plus grandes, allongées ou presque isodiamétriques, arrondies, contenant, à la partie moyenne, de rares mâcles ou oursins, c'est le parenchyme cortical, puis un faisceau de cellules très étroites et très allongées ; en se différenciant, elles constitueront le liber et le bois, enfin, à l'intérieur, les cellules moyennes, presque isodiamétriques, du parenchyme médullaire.

Si l'on suit, en allant de haut en bas, le faisceau de tissu à cellules très allongées, on arrive à une région où se trouve un vaisseau spiralé très mince, à spires très fines et très serrées, accompagnées d'un tube criblé ; le reste du faisceau n'est pas encore différencié. Plus bas encore se trouve un groupe de plusieurs vaisseaux spiralés, séparés par des cellules non encore différenciées.

Étude d'une feuille gemmulaire un peu plus âgée. — Dans cette feuille, le limbe et la nervure médiane sont développés, le limbe est à préfoliation involutée, la nervure médiane fait saillie à la face externe, comme le chaton d'une bague ; à la face interne, elle n'est marquée que par une légère convexité (coupe transversale). Dans la partie médiane et interne de la nervure médiane, l'ébauche du système libéro-ligneux forme un demi-cercle de rayon très petit. A l'intérieur du cercle se trouvent trois poches gommeuses en formation. Les parenchymes externe et interne n'offrent rien d'anormal ; l'épiderme externe transforme certaines de ses cellules en poils unicellulaires. Le liber externe est en files radiales très nettes, par groupe de trois ou quatre, un ou deux tubes criblés et des cellules libériennes ; le bois est par files radiales d'un, deux ou trois vaisseaux (tangentiellement, un vaisseau), ces files sont séparées par des rayons médullaires étroits ; à l'intérieur, le liber médullaire s'organise. C'est dans cette région que l'on voit l'ébauche de poches gommeuses.

Résumé de l'étude de la racine, de l'hypocotyle et de la gemmule. *La racine.* — 1° A la base de la partie mince, près de la coiffe, se trouvent des formations primaires ; six faisceaux ligneux, six faisceaux libériens ;

2° Un centimètre environ plus haut, la lignification du paren-

chyme primitif qui borde le faisceau latéralement et en dedans s'est produite[1], en partie seulement ;

3° A la base de la partie élargie, l'assise génératrice subéro-phellodermique a fonctionné, ainsi que l'assise génératrice libéro-ligneuse. Les tissus ligneux ont pris un grand développement ; la moelle a presque disparu ;

4° Très près de l'hypocotyle, le diamètre ayant augmenté, la moelle a plus de développement. Le liber primaire écrasé forme des plages nettes. Les fibres libériennes sont nombreuses.

L'hypocotyle. — 1° A la base, près de la racine, les faisceaux ligneux primaires prennent une direction oblique (en coupe transversale). La disposition opposée commence à s'organiser ;

2° Au milieu de l'hypocotyle, six plages du liber médullaire font face au liber primaire externe, la structure bicollatérale s'organise donc. Les fibres libériennes et péricycliques forment deux bandes concentriques ;

3° Au sommet de l'hypocotyle (la coupe transversale a une forme elliptique), près des cotylédons, les faisceaux qui sont aux extrémités du petit axe du cylindre central sont des faisceaux caulinaires[2] ; ils sont bordés intérieurement par deux bandes de liber médullaire. Ceux des deux extrémités du grand axe de l'ellipse sont les faisceaux foliaires qui se rendront dans les cotylédons. Cette partie de la tigelle est un entre-nœud, les cotylédons, feuilles opposées, s'insèrent aux nœuds.

Gemmule. — On peut voir que les tissus de la feuille sont en parfaite continuité avec ceux de la tige. A un stade plus jeune encore, on observe que tous les tissus de la tige participent à la formation de la feuille. On peut admettre que la tige est constituée par les bases superposées des segments foliaires, chaque segment foliaire étant l'ensemble des tissus épidermiques corticaux, vasculaires et médullaires dépendant du développement d'une feuille et de son bourgeon axillaire.

La plante agée de quelques mois. — Après l'examen de plantules avant la chute des cotylédons, je vais observer une plante âgée de quelques mois, chez laquelle les formations secondaires seront bien développées.

1. Turquet, p. 14.
2. Turquet, p. 17.

Racine. — Une coupe transversale faite près du collet montre les formations secondaires très développées. La moelle, extrêmement réduite, est elle-même lignifiée.

Hypocotyle de la même plante : Première coupe transversale pratiquée au-dessus et très près du collet. — L'épiderme est formé de cellules petites: plusieurs sont transformées en poils unicellulaires. Sous cet épiderme se trouvent un manchon épais de suber, puis l'assise génératrice subéro-phellodermique. Le reste de l'écorce n'offre rien de particulier, si ce n'est qu'elle contient des couronnes de fibres.

Cylindre central : le liber externe est disposé par files radiales, régulières; il se compose surtout de tubes criblés et de cellules libériennes. Le bois est formé de couches alternatives de fibres et de cellules ligneuses, avec quelques larges vaisseaux. Il est parcouru par des rayons médullaires ne comprenant (tangentiellement) qu'une cellule. A l'intérieur du manchon ligneux, on distingue les six petits groupes de faisceaux du bois primaire. Le liber médullaire s'organise et forme aussi six plages.

En résumé, les deux assises génératrices, subéro-phellodermique et libéro-ligneuse, ont fonctionné. Il y a également formation de liber médullaire.

Deuxième coupe transversale pratiquée à la moitié de l'hypocotyle dans le même échantillon. — Ecorce : Elle présente un manchon de suber plus épais que dans la coupe précédente. La partie externe est formée de cellules, en voie de destruction; elles se détachent facilement. L'écorce interne est parcourue par cinq couronnes concentriques de fibres lignifiées. Les cellules non lignifiées sont bourrées de grains d'amidon.

Le liber primaire contient de nombreuses mâcles en oursins. Des rayons médullaires y sont inclus.

Le bois se compose de vaisseaux, de fibres et de cellules. Les vaisseaux de formation primaire sont encore distincts quoique en partie écrasés; ils ont une direction oblique ou même tangentielle.

La zone périmédullaire est formée de parenchyme et de plages de liber interne. Le parenchyme médullaire présente quelques méats; les cellules sont bourrées de grains d'amidon.

Troisième coupe transversale faite au niveau de la cicatrice des cotylédons (coupe de forme ovale). — Le liber médullaire n'offre pas une couronne continue, mais il se présente en plages séparées par du parenchyme périmédullaire. La disposition est celle que

nous avons trouvée à ce niveau dans l'échantillon examiné précédemment, les faisceaux caulinaires et foliaires se disposant comme dans les tiges à feuilles opposées. Le parenchyme médullaire, très réduit, est bourré de grains d'amidon. La coupe est très riche en matières de réserve.

Quatrième coupe transversale faite dans la tige à 2 centimètres au-dessus de la cicatrice des cotylédons. — La coupe a une forme elliptique avec un angle au milieu d'un des grands côtés. Dans le liber médullaire, se trouvent deux poches à gomme, symétriques.

Examinons les tissus : 1° *a*) épiderme, les cellules sont petites, aplaties tangentiellement. *b*) suber, il y a dix assises, les quatre externes écrasées, allongement radial. *c*) assise génératrice subérophellodermique. *d*) phelloderme, il comprend trois assises internes de cellules de taille moyenne ; elles sont bourrées de grains d'amidon. *e*) l'endoderme, il est peu net.

2° *f*) Le péricycle contient des fibres faiblement lignifiées, des chapelets de mâcles en oursins et des cellules bourrées de grains d'amidon. *g*) le liber se compose de deux régions, le liber primaire avec quelques fibres lignifiées (des mâcles en oursins), le liber secondaire disposé en files radiales très régulières. *h*) le bois a un diamètre un peu supérieur à celui de la moelle et du liber réunis. Il est découpé en trapèzes, ou plutôt en portions de secteurs, par des rayons médullaires. Les cellules ligneuses qui sont polyédriques sont bourrées de grains d'amidon en deux régions, près du liber et à peu près au milieu du tissu ligneux. Elles sont disposées très régulièrement. Dans chacun des trapèzes, il y a environ trois ou quatre vaisseaux à lumière très large. A la face interne du cylindre ligneux, les faisceaux primaires (disposition tige) sont nettement visibles. *i*) le liber médullaire forme une couronne complète, son épaisseur est de six cellules environ, comptées radialement. Il contient deux énormes poches à gomme, déjà signalées. *j*) les rayons médullaires formés de cellules cubiques sont bourrés de grains d'amidon. *l*) la moelle contient aussi en abondance cette matière de réserve ; cellules arrondies ; quelques-unes, plus grandes que les autres, présentent dans leurs parois de petites perforations.

Cinquième coupe transversale faite dans le même sujet immédiatement au-dessous des pétioles du bourgeon terminal. — Cette coupe a la forme d'un trapèze (la grande base est plus longue que

la hauteur) avec un angle proéminent. Le diamètre de la moelle est presque la moitié du diamètre total; le cylindre central est peu développé. En face de l'angle, le liber interne s'interrompt; en voici l'explication: les feuilles sont alternes, la disposition des tissus est celle qui est indiquée par Turquet[1] pour ce mode d'insertion.

1° L'épiderme est faiblement cutinisé; les poils unicellulaires forment une épaisse toison. Trois assises de suber. Dans l'écorce, on voit des mâcles en oursins.

2° Cylindre central. Le liber externe se compose de tubes criblés et de cellules libériennes. Les vaisseaux du bois sont des tubes spiralés de petit diamètre. Les rayons médullaires ont une seule assise (tangentiellement).

Dans cette coupe, les fibres péricycliques ne sont pas encore différenciées, non plus que le liber médullaire. Si l'on prend une coupe longitudinale, on voit que, quelques millimètres plus bas, la lignification des fibres péricycliques commence.

Résumé des études précédentes. — Dans la plupart des parties jeunes des plantules, de nombreuses cellules épidermiques se transforment en poils unicellulaires.

L'écorce renferme dans les premiers stades du développement des mâcles en oursins à profusion. Ensuite, elle contient surtout de l'amidon et présente des fibres de soutien.

Dans le *Terminalia Catappa*, les deux assises génératrices commencent à fonctionner dans l'ordre suivant: 1° l'assise libéro-ligneuse; 2° l'assise subéro-phellodermique (qui prend naissance dans l'écorce externe). Quant au liber médullaire, il s'organise d'abord vis-à-vis des faisceaux de liber externe primaire. Rapidement, il est envahi de poches à gomme.

1. Turquet, p. 17.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DES DIFFÉRENTS ORGANES DU « TERMINALIA CATAPPA »

Étude de la Fleur.

L'inflorescence. — Elle est en épi axillaire. A la base de l'épi se trouve la bractée, mère de l'inflorescence. A la partie inférieure de chaque fleur se voit une petite bractée coriace, pointue, bordée de poils. A l'extrémité de ces bractées, et sur leurs bords latéraux, est généralement un poil glanduleux[1]. Ces fleurs sont sessiles sur le pédicelle. Elles sont hermaphrodites ou staminées. Les premières occupent la base du pédicelle et sont par groupes de quatre ou cinq : les autres tombent après l'anthèse. Quand les fruits sont mûrs, ils forment un groupe au bas du pédicelle, dont la partie supérieure pend, desséchée.

La fleur. — La préfloraison est valvaire, l'ovaire adhérent.

Fleur staminée. — Elle a un diamètre d'environ $5^{mm},5$. Elle se compose régulièrement de cinq sépales (parmi les fleurs pentamères, on trouve quelques fleurs tétramères) blancs verdâtres, petits, formant à l'extrémité un angle aigu peu accentué. Ils sont soudés à leur base avec les autres verticilles. A l'intérieur de la cupule, formée par la partie libre des sépales, se trouvent de nombreux poils, simples, très longs. Le calice est velu, également à l'extérieur, surtout vers sa partie inférieure.

Les *étamines* sont au nombre de dix, disposées en deux verticilles. Le verticille externe a ses pièces alternes avec les sépales, celles du verticille interne sont épisépales. Les premières s'insèrent un peu plus haut que les secondes.

Une étamine a une longueur d'environ 4 millimètres ; l'anthère mesure, dans sa grande dimension, $0^{mm},5$ environ. Elle est

1. Turquet, p. 49.

médifixe, de forme triangulaire. Dans le bouton, la pointe de ce triangle est dirigée en haut. Dans la fleur épanouie, l'anthère s'abaisse, et la pointe est généralement dirigée vers le sol. Les étamines sont introrses, mais, le filet étant très flexible, elles paraissent souvent extrorses après l'anthèse.

Le grain de pollen est allongé et fendu.

Le *disque* se compose de cinq bourrelets charnus, en forme de croissants à concavité externe. Ces pièces se trouvent à l'intérieur du verticille staminale épisépale; chaque bourrelet du disque est opposé à une de ces étamines. Ils présentent entre eux cinq sillons opposés chacun à une étamine du verticille externe.

Fleur hermaphrodite. — Elle est semblable à la précédente, mais, entre les pièces du disque, s'élève le style surmonté du stigmate, et à un plan inférieur se trouve l'ovaire.

Le pistil. — L'ovaire : Je vais l'étudier au moyen de coupes transversales.

Première coupe transversale pratiquée à 2 millimètres au-dessus de la base de l'ovaire. — La coupe a une forme allongée, elle se compose de quatre courbes convexes, l'une d'elles presque parallèle au grand axe est à très grand rayon.

L'assise épidermique donne naissance à des poils simples qui sont peu développés, cet épiderme, épiderme du calice, est formé de cellules petites, rectangulaires, à grand diamètre radial, très régulières, à parois externes fortement cutinisées; les parois internes sont également cutinisées; dans une coupe longitudinale, on constate qu'il en est de même pour les parois inférieures et supérieures, les parois radiales restent minces. Les poils qui proviennent de ces cellules sont fortement cutinisés à la base.

L'assise sous-épidermique a des cellules plus grandes, rectangulaires, à grand diamètre radial. Puis viennent quelques assises (le nombre varie suivant les régions de la coupe), ces cellules sont en voie de cloisonnements actifs. Il se forme surtout des cloisons radiales, particulièrement aux deux extrémités du grand axe de l'allongement. Deux assises de cellules, très allongées, forment une bande très nette. Le parenchyme, situé à l'intérieur de cette bande, se compose de cellules plus petites que les précédentes. La quatrième assise contient de nombreuses mâcles en oursins d'oxalate de calcium; elle forme une ellipse bourrée de ces mâcles.

Les faisceaux libéro-ligneux sont disposés de la manière sui-

vante : vers les extrémités du grand axe de la figure se trouve, de chaque côté, un groupe de faisceaux ; vers l'une des extrémités du petit axe de la figure s'étalent quatre groupes peu riches en vaisseaux, et à l'autre extrémité (du côté de la courbe à grand rayon) un seul groupe, plus large, envoie vers l'intérieur quelques ramifications parallèles au plan de la coupe.

Deuxième coupe transversale passant par le milieu de la cavité ovarienne. — Elle a la forme d'une demi-ellipse, coupée selon son grand axe. Du côté du grand axe, la figure est limitée par une courbe à très grand rayon. La cavité de l'ovaire occupe le centre de la coupe. Elle est elliptique. Son petit axe est perpendiculaire

Schéma d'une coupe transversale pratiquée à la base de l'ovaire. — *a*, faisceaux libéro-ligneux perpendiculaires à la coupe ; *b*, faisceaux parallèles ou obliques ; *c*, cavité de l'ovaire.

au petit axe de la demi-ellipse. La largeur est environ le sixième de la longueur de la coupe. Les tissus parenchymateux ne diffèrent pas de ce qui a été décrit pour la coupe précédente.

Les deux groupes de faisceaux libéro-ligneux, situés plus bas, vers les extrémités du grand axe, se retrouvent ici. Du côté où l'on voyait les « quatre groupes, peu riches en faisceaux », on observe deux groupes symétriques, puis trois faisceaux plus petits, dont l'un est médian. Enfin, dans la région où se trouvait le groupe qui envoie des faisceaux vers l'intérieur, on rencontre deux groupes de faisceaux. Le système vasculaire est donc plus développé qu'à la base de l'ovaire.

Je vais examiner un des deux groupes situés aux extrémités, examen fait, en allant du bord peu renflé, vers le bord très convexe. Ce groupe se compose de deux faisceaux séparés par trois assises (comptées tangentiellement) de cellules parenchymateuses allongées radialement. Dans le premier faisceau, on voit le

liber, tubes criblés et cellules, puis deux files radiales, de trois vaisseaux ligneux chacune, les plus étroits vers l'intérieur; ils sont accompagnés de trois files de fibres ligneuses et de quelques vaisseaux isolés séparés du reste par des cellules ligneuses rectangulaires, de petite dimension.

Dans le deuxième faisceau, se trouvent quatre files radiales de trois vaisseaux et quelques vaisseaux isolés.

En face de ce groupe, à l'intérieur, se trouve du liber interne.

Dans la zone péricyclique, il y a des mâcles en oursins.

J'étudie maintenant un des « deux groupes symétriques »; le liber externe a une disposition normale. Le bois est disposé en six files tangentielles, contenant radialement d'un à quatre vaisseaux. Mâcles en oursins, comme précédemment.

Les autres groupes se composent d'un tres petit nombre de vaisseaux.

A l'intérieur de la zone libéro-ligneuse, se trouvent, en allant de l'extérieur vers l'intérieur : 1° des cellules à grand diamètre radial et à forme polygonale irrégulière; 2° des assises de cellules en files radiales, très régulières, cellules rectangulaires parfois isodiamétriques; 3° trois assises (radialement) de cellules petites, régulières, polygonales, allongées tangentiellement; 4° l'assise sous-épidermique, à cellules régulières, rectangulaires; 5° enfin, l'épiderme qui tapisse l'intérieur de la cavité ovarienne. Ces cellules sont très régulières; leurs cloisons radiales sont en continuation avec celles de l'assise sous-épidermique. La paroi extérieure est cutinisée, et la paroi adjacente à l'assise sous-épidermique est épaissie.

Troisième coupe transversale faite à 4 millimètres environ au-dessus de la base de l'ovaire. — La coupe a presque la forme d'un cercle. La cavité ovarienne n'existe plus, mais le centre est occupé par une petite bande allongée de tissu conducteur. Les faisceaux libéro-ligneux sont disposés sur deux circonférences concentriques : 1° en allant de l'intérieur vers l'extérieur, deux groupes en fer à cheval entourent le tissu conducteur, ce sont ces deux faisceaux qui donneront les deux placentas et le système vasculaire du style; 2° huit faisceaux isolés, qui se rendront aux sépales et aux filets des étamines. Le rayon de la circonférence, sur laquelle ils sont disposés, est environ des deux tiers du rayon total.

Je vais procéder à l'examen des tissus, en allant de l'extérieur

vers l'intérieur. Sous l'épiderme, le parenchyme se compose de sept assises de cellules arrondies, irrégulières; les plus internes contiennent des mâcles en oursins. Parmi ces cellules, il en est qui sont en voie de cloisonnement.

Le liber est formé de cellules et de tubes criblés, et le bois de faisceaux libéro-ligneux en files radiales de un à cinq vaisseaux. Le tissu ligneux est bordé, à l'intérieur, par le liber interne.

Le mésophylle, situé entre les deux couronnes ligneuses, se compose de cellules assez régulières, allongées tangentiellement. On compte, radialement, six assises. La sixième donnera naissance à l'épiderme du style. A l'intérieur de cet épiderme, cinq assises de cellules donneront le mésophylle du style. Elles sont en files radiales régulières; leur forme est régulière, rectangulaire, presque carrée. Elles contiennent des mâcles en oursins.

Les faisceaux libéro-ligneux, disposés en fer à cheval, se composent de files de vaisseaux ligneux, coiffées à l'extérieur du liber, et terminées à l'intérieur par du liber interne. Entre ces files se trouvent des cellules parenchymateuses.

Le liber externe est en voie de cloisonnement.

Les files de vaisseaux ligneux ne sont pas rangées en files régulières.

A l'intérieur, trois assises de cellules arrondies, isodiamétriques ou allongées tangentiellement, laissent entre elles des méats.

Le tissu conducteur est disposé par files radiales; les cellules sont très serrées dans chaque file, mais entre deux files, il y a parfois un méat. Ces cellules sont de taille moyenne, allongées tangentiellement, presque polygonales. Elles sont plus petites au bord du tissu conducteur qu'au centre de la circonférence.

Pour continuer l'étude des tissus du pistil, je pratique dans le *style une coupe transversale à* 3 *millimètres environ de la base du stigmate.*

Au milieu de la coupe, on voit une fente triangulaire, dont les parois sont faites par le tissu conducteur. Les faisceaux libéro-ligneux sont disposés sur une courbe presque fermée. L'épiderme du style est glabre, sans stomates. Si l'on examine les cellules de cet épiderme, non plus en coupe transversale, mais en coupe longitudinale, on voit qu'elles sont disposées par bandes longitudinales de cinq au moins; chaque bande est en retrait sur la bande immédiatement inférieure. Cette disposition donne aux bords externes du style l'aspect d'un escalier.

En coupe transversale, le mésophylle comprend un petit nombre d'assises de cellules polygonales, isodiamétriques.

Les faisceaux libéro-ligneux sont au nombre de cinq, quatre grands et un petit. Ce dernier est placé dans la partie de la courbe qui n'est pas fermée.

Le tissu conducteur est formé de cellules arrondies, très petites, serrées les unes contre les autres.

Résumé de l'étude de la distribution des faisceaux libéro-ligneux dans le gynécée. — Des coupes transversales décrites plus haut et de plusieurs coupes longitudinales, je conclus que les deux faisceaux libéro-ligneux qui se trouvaient aux extrémités du grand axe de l'ellipse, dans la première et dans la seconde coupe, et qui formaient les deux arcs de cercle intérieur, dans la troisième coupe, envoient, à un niveau un peu plus élevé, deux filets, dirigés d'abord de l'intérieur vers l'extérieur, puis de haut en bas. Ce sont les placentas. Le reste des deux gros cordons ligneux constituent le système vasculaire du style.

Quant aux autres faisceaux des coupes 1, 2, 3, ils se rendent dans les sépales et les filets des étamines.

Faisceaux libéro-ligneux du funicule. — Ces faisceaux se composent de vaisseaux spiralés, de tubes criblés et de cellules d'origine placentaire. Ils suivent le funicule, puis, au niveau du hile, ils forment le raphé. Ce dernier se dirige obliquement, de haut en bas, puis parallèlement au grand axe de l'ovule, et enfin il se distribue dans le tégument externe en nombreux filets dirigés obliquement et en bas.

Faisceaux libéro-ligneux du filet staminal. — Examen d'une coupe transversale d'un filet. L'épiderme a une cuticule mince, ses cellules sont presque isodiamétriques. Le parenchyme se compose de cinq assises de cellules serrées les unes contre les autres, arrondies. On y voit des cristaux en oursins. Le système libéro-ligneux se compose de quelques vaisseaux spiralés, de tubes criblés, en petit nombre, et de quelques cellules libériennes.

Étude d'un rameau foliaire et d'un bourgeon.

1° *Rameau foliaire.* — Les feuilles sont portées sur un rameau court, 2 centimètres à $2^{cm},5$ de long (parfois plus long), qui peut émettre des rameaux secondaires longs et grêles.

En hiver, il est garni de cicatrices de feuilles et il est terminé, à sa partie supérieure, par un bourgeon brun, pointu, mesurant 1 centimètre à 1^{cm},5 de longueur; c'est à l'aisselle d'une cicatrice que se voit, parfois, le long rameau.

Dans les rameaux âgés, les axes secondaires peuvent être plus nombreux : du type court et du type long.

Les feuilles s'épanouissent par groupes de trois, les trois extérieures se développent d'abord, puis les trois suivantes et ainsi de suite. Dans le bourgeon très jeune, ce groupement existe déjà. Les feuilles, quoique rapprochées et s'épanouissant par groupes, ne sont pas verticillées, mais alternes, leur angle de divergence est 2/5.

Examen de cet axe foliaire après la chute des feuilles et avant la frondaison. — Les coupes transversales, pratiquées dans ce rameau, ont une forme très irrégulière qui varie suivant les cicatrices sectionnées.

Coupe faite à la base de cet axe, près de la tige transversale. — Elle comprend trois cicatrices, ce qui semblerait indiquer que les feuilles sont verticillées. Cette disposition n'est qu'en contradiction apparente avec les dispositions indiquées plus haut. Les cicatrices foliaires étant grandes, plusieurs peuvent se trouver dans la même coupe, mais les sections ne sont pas faites au même niveau.

L'écorce a un contour irrégulier, mais le cylindre central a un contour encore plus flexueux. Une double série de faisceaux se rend à l'une des cicatrices. A l'intérieur, dans la région du liber médullaire, on voit sept poches gommeuses.

Coupe longitudinale, pratiquée suivant un plan sécant ne passant pas par le centre. — Le tissu libéro-ligneux n'est pas parallèle aux bords de la coupe. Le tissu cortical est moins développé au-dessus et au-dessous du point où les vaisseaux aboutissent aux cicatrices.

En coupe longitudinale, le bois semble doublé intérieurement de poches gommeuses disposées sur un seul rang, dans le liber médullaire. Elles sont très grandes, visibles à l'œil nu. A la surface extérieure de ce rameau, une matière gommeuse d'un brun jaune se dépose en gouttelettes.

Etude des tissus à la base de l'axe foliaire. — 1° Il porte un revêtement externe de poils unicellulaires, clairsemés, très peu développés. Le suber est épais surtout en face des cicatrices

foliaires. Le reste de l'écorce très épaisse est formée de cellules petites avec de nombreuses mâcles en oursins; la portion interne qui comprend environ les 2/3 de ce parenchyme a des cellules un peu plus grandes, très riches en grains d'amidon.

L'endoderme peu distinct contient aussi de l'amidon.

2° Cylindre central. *a*) Le péricycle est très développé, les fibres forment un anneau ayant quatre ou cinq fibres lignifiées (sens radial). A l'intérieur de cette couronne, le péricycle contient six assises de cellules avec de nombreuses mâcles et des grains d'amidon. Dans la portion contiguë au liber externe, on voit un anneau continu de fibres lignifiées.

b) Liber : Il est formé de cellules et de tubes criblés en files radiales régulières. On y voit un anneau de cellules à mâcles en oursin.

c) Bois : La disposition varie suivant que la portion considérée est près ou loin d'une cicatrice. Vis-à-vis de la partie centrale d'une cicatrice, les vaisseaux ligneux s'interrompent et émettent deux prolongements vers l'écorce; en même temps, le liber périmédullaire et le liber externe s'ouvrent et laissent le passage à une lame médullaire qui se glisse entre les deux faisceaux.

Le bois se compose de cellules ligneuses, de fibres et de vaisseaux. Formations primaires et formations secondaires.

Le liber périmédullaire a des cellules et des tubes criblés de petit diamètre. Beaucoup de ces cellules sont bourrées de grains d'amidon, d'autres contiennent des mâcles en oursins.

Dans cette zone, on voit une quantité de poches à gomme, elles ne sont souvent séparées les unes des autres que par trois ou quatre cellules.

Le parenchyme médullaire est normal.

Coupe pratiquée au milieu du rameau foliaire. — Le suber est moins développé que dans la coupe précédente. L'endoderme et le péricycle sont comme à la base du rameau.

Le liber et le bois présentent peu de formations secondaires. En coupe longitudinale, on voit que les vaisseaux ligneux, en face d'une cicatrice, se recourbent de l'intérieur vers l'extérieur. Les éléments du liber externe le suivent. Ils se rendent à une cicatrice foliaire.

Le liber interne comprend, toujours dans la même région, sept poches à gomme de dimensions variables. Les plus grandes mesurent 2 millimètres, sens tangentiel.

La moelle a de grandes cellules allongées radialement. En coupe longitudinale, on voit qu'elles sont empilées par assises de quatre à six, alternant avec des cellules plus petites.

Coupe transversale faite au sommet de l'axe. — L'épiderme donne naissance à une toison de poils unicellulaires. Il n'y a plus de suber, mais le parenchyme cortical est en voie de division active.

Il y a des îlots de fibres péricycliques.

Le bois et le liber ne contiennent que des formations primaires.

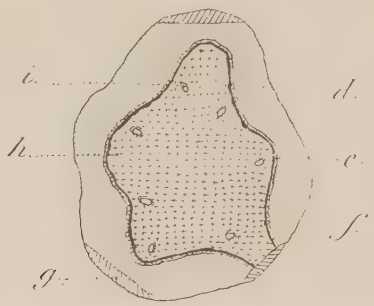

Schéma d'une coupe transversale faite dans l'axe foliaire à mi-hauteur. — *d*, parenchyme cortical; *e*, liber; *f*, bois; *g*, cicatrice foliaire; *h*, parenchyme médullaire; *i*, *poche gommeuse.*

Le liber médullaire n'existe plus, par conséquent, il n'y a pas de poches à gomme.

La moelle contient quelques rares cristaux en oursins. Pas de grains d'amidon.

Résumé de l'étude du rameau foliaire, après la chute des feuilles. — Sauf la disposition irrégulière des contours du cylindre central, le liber et le bois n'offrent rien d'anormal. Ces formations sont peu développées; cependant ce rameau est très dur, il offre une grande résistance au rasoir, à cause de son armature de fibres lignifiées.

Les poches à gomme vont en diminuant de nombre de bas en haut; il en est de même des mâcles et des grains d'amidon.

Examen rapide d'une série de coupes transversales pratiquées dans le rameau foliaire après le développement du bourgeon. — Il est inutile d'examiner chaque coupe, il suffit d'indiquer leurs particularités.

Base de l'axe. Tissus ligneux et fibres péricycliques peu développées. Poches à gomme en petit nombre ; elles sont en voie de formation. Abondance de grains d'amidon, notamment dans l'écorce.

Dans la série de coupes suivantes, on constate que le bois, le liber et la moelle s'organisent suivant la marche indiquée par Turquet[1] (feuilles alternes) ; que les fibres péricycliques se développent dans la région moyenne du rameau, que les poches gommeuses s'organisent à tous les niveaux, même au sommet où l'on en voit une énorme, que les éléments de réserve extrêmement abondants au milieu ont presque disparu au sommet.

Etude du bourgeon situé à l'extrémité du rameau foliaire. — Quand on pratique des coupes transversales dans ce bourgeon, en allant de la base vers le sommet, on a :

Première coupe (à la base), extérieurement, trois feuilles, plus grandes que les autres se touchant bord à bord, préfoliation involutée ; second cycle, alternant avec les trois premières, trois autres feuilles plus petites ; puis un troisième cycle offrant la même disposition ; et, au centre, une petite feuille non développée, début d'un quatrième cycle. Quand l'axe se développera, ces feuilles qui paraissent verticillées dans le bourgeon s'écarteront les unes des autres et deviendront alternes. Ce résultat est conforme à l'indice foliaire 2/5.

J'ai étudié par coupes sériées le développement de ces jeunes feuilles, je crois inutile d'entrer dans ces détails.

Je veux cependant dire quelques mots du pétiole et de la nervure médiane. Dans la feuille mesurant $1^{cm},6$ de long : 1° à la base le pétiole est organisé, il forme un fer à cheval, avec deux faisceaux libéro-ligneux entre les deux branches, vers l'intérieur. Au milieu de la nervure médiane, le système libéro-ligneux affecte la même forme, mais le demi-anneau libéro-ligneux s'est fermé par des faisceaux disposés selon le diamètre.

Si l'on rapproche ces coupes d'une coupe transversale pratiquée au milieu du pétiole d'une feuille âgée, on voit que dans cette dernière, le système libéro-ligneux, très chargé de formations secondaires et d'éléments de soutien, décrit presque un anneau fermé, un peu aplati du côté interne de la feuille.

Dans les deux cas, les mêmes faisceaux tendent à prendre une disposition analogue.

1. Turquet, p. 17.

Formation des poches gommeuses. — Dans une coupe, passant par le liber médullaire d'un organe très jeune, on constate une déchirure. Les parois de quelques cellules ont subi la transformation gommeuse et la destruction consécutive[1]. La matière gommeuse ainsi produite a écrasé les tissus adjacents. Elle comprime régulièrement et circulairement les cellules qui sont à la périphérie. La déchirure prend une forme circulaire : les cellules bordantes subissent un aplatissement centrifuge : les plus étroites sont donc au bord de la poche. Parfois, dans la lumière, un débri de cellule fait saillie.

Ces poches se produisent donc par voie schizogène. Elles sont toujours dans le liber médullaire.

1. Lefèvre, p. 50.

CHAPITRE II

ÉTUDE DU *TERMINALIA CHEBULA* Willd.

Les graines de *Terminalia Chebula* Willd. m'ont été envoyées de Buitenzorg à Hanoï : elles me sont parvenues en décembre 1912. Plusieurs d'entre elles avaient germé pendant la traversée. Celles que j'ai semées dans la terre, à Hanoï, ont mis à germer environ trente-neuf jours. Ce chiffre est trop élevé, il tient à ce que les moyennes de température de décembre et janvier au Tonkin ne sont pas très supérieures à la température minima de *T. Chebula*.

Le Fruit (Pl. III, fig. 6).

Le fruit est une drupe, comme chez *T. Catappa*, mais la forme et les dimensions sont différentes. Elle présente latéralement cinq sillons séparés par cinq côtes saillantes. Les dimensions sont : longueur, 2cm,5 environ ; épaisseur, dans la partie la plus large, 1 centimètre à 1cm,5. Je ne m'arrêterai pas longtemps à décrire ce péricarpe, ligneux, dur, épais, comme celui de *T. Catappa*. Il est épais de 3 millimètres au milieu du fruit ; aux extrémités, il s'amincit. Il s'ouvre à maturité selon un mode de déhiscence que j'indiquerai plus loin. Quand il est ouvert, il présente deux demi coques comprenant, l'une deux côtes et deux demi-côtes (je les ai mentionnées plus haut), l'autre une côte et deux demi-côtes.

La plus grande des deux demi-coques est creusée d'une cavité qui est le moule exact de la graine. Il mesure 1cm,5 de long sur 3 millimètres environ de large. Il se rétrécit dans la région radi-

culaire. La position de l'embryon est la même que chez *T. Catappa* : le funicule est replié sur lui-même d'une manière identique. Comme chez *T. Catappa*, la graine est sans albumen.

Embryon. — De grands cotylédons s'insèrent par des pétioles très courts sur le cylindre de la plantule. La radicule se termine en tronc de cône.

L'enroulement des cotylédons joue, comme je l'ai indiqué pour *T. Catappa* et comme je le montrerai à propos de *Poivrea Sp.*, un rôle de protection important après la déhiscence.

Pour bien comprendre la manière dont ils s'enroulent, il faut examiner leur section transversale. L'extrémité interne de chacun d'eux se replie vers la face interne. Ces deux plis ainsi formés s'emboîtent l'un dans l'autre, il y a donc la face interne de l'un contre la face interne de l'autre. Le reste des deux feuilles s'enroule de telle sorte que la face interne du cotylédon extérieur est posée contre la face externe de l'autre cotylédon. L'emboîtement des deux plis donne plus de solidité à l'ensemble.

La Germination.

Le fruit, comme je l'ai dit plus haut, est, ainsi que chez *T. Catappa* et chez *Poivrea Sp.*, un fruit sec, déhiscent. La coque s'ouvre toujours suivant le même mode (Pl. III, fig. 6). J'ai déjà indiqué que les deux parties de la coque se composent, l'une de deux côtes et de deux demi-côtes, l'autre d'une côte et de deux demi-côtes. La déhiscence commence toujours par l'entrebâillement, puis la séparation de deux demi-côtes, séparation très nette. La radicule sort par la partie supérieure du fruit. Les autres parties de l'embryon restent en place dans la demi-cavité que leur ménage alors le péricarpe ; la gemmule et la tigelle sont encore protégées par le double cylindre cotylédonaire.

Le reste du développement a lieu comme chez *T. Catappa*.

Étude anatomique et histologique de l'embryon dans la graine mûre.

Radicule. — La coupe a une forme ronde, régulière, le cylindre central est un hexagone un peu allongé suivant la diagonale qui

le partage en deux moitiés symétriques. Le rayon de l'écorce est plus grand que celui du cylindre central.

Assise pilifère : Elle comprend des cellules régulières, allongées radialement.

Écorce : Elle comprend quatorze assises de cellules.

L'écorce externe a quatre assises. Les cellules sont petites, allongées radialement, serrées les unes contre les autres.

Dans l'écorce interne, les cellules sont rondes, grandes jusqu'à la douzième assise, laissant entre elles de nombreux petits méats triangulaires (le long des parois d'une cellule on peut en compter six ou sept).

L'endoderme se compose d'éléments qui figurent presque des quadrilatères isodiamétriques.

Cylindre central : Les deux parties, manchon externe et cylindre médullaire, sont très nettes.

Le péricycle est formé de nombreuses petites cellules, il y en a jusqu'à trois pour une cellule de l'endoderme.

Aux six angles de l'hexagone, le tissu libérien s'organise. Il se forme d'une manière analogue à celle indiquée par Chauveaud[1]. La paroi du tube losangique s'épaissit et subit la différenciation nacrée. Ce phénomène se produit simultanément en douze points différents, c'est-à-dire que deux cellules à chaque angle se différencient de la sorte ; bientôt, entre elles, deux nouvelles cellules évoluent.

A ce niveau de la radicule, il n'y a pas encore de vaisseau ligneux. Parfois en un point, au milieu d'un des côtés (ils sont concaves), dans la quatrième assise du parenchyme du manchon ligneux, on voit une cellule pentagonale différencier ses côtés ; ils s'épaississent et subissent une légère lignification. C'est un vaisseau du bois primaire qui se forme.

Bientôt six vaisseaux occupent la même position au milieu des six côtés de l'hexagone.

Parenchyme médullaire : La zone périmédullaire se compose de deux assises de petites cellules auxquelles font suite des cellules hexagonales dont la taille augmente de la périphérie vers le centre. Elles présentent des méats triangulaires.

Coupe transversale pratiquée un peu au-dessous de l'extrémité de la plantule. — A ce stade, il n'est pas possible de distinguer où

1. Chauveaud *in* Coupin, *Technique microscopique*, p. 26.

cesse la radicule et où commence l'hypocotyle. L'assise externe qui, dans *Poivrea Sp.*, me fournira des indications précises n'est pas différenciée.

L'écorce n'a plus que huit assises au lieu de quatorze (écorce externe, trois assises).

Cylindre central : Le manchon parenchymateux externe comprend cinq assises de petites cellules.

Les six faisceaux ligneux se composent tantôt d'un, tantôt de deux ou même de trois vaisseaux, ces vaisseaux prennent une direction tangentielle ; mais ils alternent toujours avec les faisceaux libériens. A ce niveau, il y a donc passage de la structure de la racine à la structure de la tige.

Coupe transversale faite moins de 1 millimètre plus haut (Pl. IV. fig. 9). — La section est un carré à côtés convexes. Cette forme carrée s'accentue dans le cylindre central où deux côtés opposés sont presque droits et les deux autres courbes. Le long de chaque côté courbe se trouvent trois faisceaux ligneux. Ils comprennent deux vaisseaux chacun et ont une disposition nettement tangentielle ou oblique. Dans ce cas, ils ont effectué une rotation voisine de 180 degrés.

En face de chaque groupe ligneux, il y a un groupe libérien, mais il y a également des faisceaux libériens entre les faisceaux ligneux; puisque à six faisceaux ligneux correspondent douze faisceaux libériens.

Les trois faisceaux ligneux situés du même côté du carré se rendent au pétiole d'un des cotylédons, les trois autres au pétiole de l'autre cotylédon. De la base de chaque cotylédon partent trois nervures, comme chez *T. Catappa* et chez *Poivrea Sp.*

Il y a donc dans la coupe deux faisceaux foliaires, les faisceaux caulinaires n'existent pas. La gemmule, comme on le verra chez *Poivrea Sp.*, a des tissus très peu différenciés.

D'après ce que je viens de dire sur la position des faisceaux ligneux et des faisceaux libériens, on voit que la structure tige est presque établie. Immédiatement au-dessus commencent les pétioles cotylédonaires où l'on trouve forcément la structure opposée.

Une coupe transversale pratiquée un peu plus haut comprend à la fois la base de la gemmule et celles des pétioles des deux cotylédons. — La section d'un pétiole est presque rectangulaire ; il se compose du parenchyme cortical en continuation avec celui de

l'hypocotyle, d'une lame de parenchyme à petits éléments, contenant les faisceaux libéro-ligneux et de tissu médullaire.

Le parenchyme cortical contient onze assises de cellules en face de la bande ligneuse et huit sur les côtés.

Les faisceaux ligneux ont la disposition radiale, vaisseaux étroits vers le centre. La base de la gemmule est occupée par un parenchyme à très petits éléments non différenciés.

Coupe transversale pratiquée dans le pétiole d'un cotylédon un peu plus haut, c'est-à-dire presque au niveau du limbe. — L'épiderme a les parois cellulaires minces.

Le parenchyme externe et le parenchyme interne du cotylédon ont des cellules arrondies avec des méats triangulaires (Parenchyme interne ou médullaire, dix assises).

Les faisceaux libéro-ligneux sont de deux sortes, les uns perpendiculaires au plan de la coupe et les autres obliques.

Le liber se compose de tubes criblés à section losangique.

En résumé, dans cet embryon, comme dans celui de *T. Catappa*, le système libéro-ligneux est développé avant la germination. Il y a six faisceaux ligneux primaires dans la radicule, six faisceaux dans l'hypocotyle, trois faisceaux dans le pétiole de chaque cotylédon. Chez *Poivrea Sp.*, il n'y en a que quatre.

La structure tige ne s'établit complètement que tout au sommet de l'hypocotyle, comme chez *Poivrea Sp.*

La gemmule ne contient aucun élément ligneux.

Le système libéro-ligneux se compose de douze vaisseaux à la base des cotylédons, tandis qu'il n'y en a que six qui sont au tout premier stade de leur développement dans la radicule.

Étude anatomique et histologique de l'embryon pendant la germination.

Embryon chez lequel la radicule seule sort du péricarpe. — Si l'on pratique des coupes transversales dans des embryons, au premier stade de la germination, c'est-à-dire avant le développement de la gemmule, quand la plantule avec ses cotylédons enroulés est encore dans une moitié de la coque, on voit que le métaxylème s'est développé ; des vaisseaux nouveaux se sont produits et sont venus se placer à l'extérieur des anciens, mais sur la même circonférence ; il n'y a pas de formations radiales ; le

métaphloème s'est moins développé. L'assise génératrice libéro-ligneuse est formée dans la partie moyenne de l'hypocotyle, mais n'a pas encore fonctionné. Ici, la tigelle porte abondamment des poils unicellulaires cutinisés, ce qui permet de la distinguer de la radicule (Pl. V, fig. 10).

La gemmule ne contient encore aucun vaisseau ligneux.

Plantule plus développée. — Je vais étudier maintenant une plantule d'un développement plus avancé. Je choisis des échantillons chez lesquels la radicule et l'hypocotyle se sont allongés, les cotylédons restant enroulés et protégeant toujours la gemmule (Pl. IV, fig. 8).

Première coupe, faite vers l'extrémité de la racine. — Assise externe : Elle est subérifiée et entourée par place d'un tissu protecteur qui se détache.

Ecorce : Elle comprend sept assises, au lieu de quatorze dans la radicule de la graine. La première assise est légèrement subérifiée. Les cellules sont peu régulières, leurs parois offrent une faible résistance. A de très grandes cellules polygonales de l'écorce interne fait suite l'endoderme, à petits éléments, souvent comprimés latéralement, peu réguliers. Les parois ont le plissement cutinisé.

Cylindre central : Le péricycle comprend des cellules aussi grandes que celles de l'endoderme, les parois radiales alternant avec celles de l'endoderme. Les rayons médullaires ont de petits éléments, peu réguliers.

Les vaisseaux ligneux sont disposés par files radiales de trois vaisseaux qui vont de la zone périmédullaire au péricycle. A ces vaisseaux, s'ajoutent latéralement des formations de métaxylème, un ou deux éléments. L'assise génératrice libéro-ligneuse commence à s'ébaucher.

Deuxième coupe transversale pratiquée environ 1 centimètre plus haut. — L'assise externe porte de rares poils absorbants.

Des éléments sont venus s'ajouter latéralement au liber qui comprend six éléments (tangentiellement) par faisceau libérien (Pl. V, fig. 11).

L'assise génératrice libéro-ligneuse n'a pas fonctionné. Les cellules des rayons médullaires et de tout le parenchyme du manchon externe du cylindre central sont plus grandes et plus régulières que précédemment.

Troisième coupe transversale pratiquée 1 centimètre au-dessus (Pl. VI, fig. 12). — Les formations de métaxylème sont plus développées. Dans l'intervalle de deux faisceaux primaires, le long de la zone périmédullaire, une couronne de métaxylème tend à s'établir. Elle n'est pas encore complète dans toute la coupe; en partageant la coupe en deux parties égales par un plan vertical, on peut avoir une moitié dépourvue de métaxylème, et l'autre où la demi-couronne n'a que peu de solutions de continuité. Ce bois primaire de seconde formation constitue également une assise à l'intérieur des faisceaux ligneux. Chez *Poivrea Sp.*, il y a aussi dissymétrie dans la formation du métaxylème, et formation de ce tissu à l'intérieur du protoxylème.

L'arc libérien a subi des cloisonnements tangentiels : quatre assises libériennes sont superposées en certains points.

Quelques millimètres au-dessus, les poils absorbants sont plus nombreux. Ils sont mêlés aux débris de cellules de la coiffe qui s'exfolient.

Le métaphloème et le métaxylème continuent à se développer. Le bois primaire forme un anneau complet; le liber de première formation fait saillie vers l'extérieur.

Dernière coupe, faite dans la racine, tout près de l'hypocotyle. — Les poils absorbants y sont abondants et longs; ils sont enchevêtrés à des lambeaux de tissu exfolié. L'assise pilifère est fortement subérifiée.

L'écorce comprend douze assises. L'écorce externe se distingue par la taille de ses éléments : quatre assises de cellules petites et régulières. La première assise a ses parois subérifiées.

L'écorce interne comprend de grandes cellules arrondies; la dixième et la onzième assise (l'endoderme) se composent d'éléments plus petits.

L'assise génératrice libéro-ligneuse a fonctionné à l'intérieur des faisceaux libériens et à l'extérieur des faisceaux ligneux. Elle a formé une assise ligneuse contre les faisceaux de protoxylème et les a refoulés vers l'intérieur, où ils font saillie.

Les six plages libériennes ont pris un grand développement. Elles forment six croissants en saillie vers la périphérie occupant tout l'espace extérieur d'un faisceau ligneux primaire au faisceau suivant.

Hypocotyle : Cette coupe est pratiquée un peu au-dessus de la base de la tigelle. Elle a une forme peu régulière, son diamètre

est plus grand que celui de la radicule. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la plantule pour voir que, comme chez *T. Catappa*, cette augmentation brusque de diamètre est considérable (Pl. IV, fig. 8).

Epiderme : Ici, l'assise externe (provenant des cellules initiales de l'épiderme), a des parois cellulosiques portant quelques rares poils unicellulaires cutinisés.

Ecorce : L'écorce externe comprend quatre assises de cellules petites, polygonales, régulières. L'écorce interne a six assises, sept en certains points (la coupe n'est pas un cercle parfait). L'endoderme a des cellules assez grandes, ovales, à nombreux cloisonnements radiaux. Les épaississements cutinisés, si nets dans la racine, ne se voient pas ici.

Cylindre central : Il a la forme d'un dodécagone dans lequel six côtés convexes alterneraient avec six côtés droits. Les côtés convexes correspondent aux faisceaux libériens; les côtés droits, aux faisceaux ligneux.

Les cellules du péricycle ont subi de nombreux cloisonnements radiaux en face des faisceaux libériens seulement. Ces cloisonnements se produisent avant la différenciation en fibres péricycliques.

Chaque faisceau libérien comprend plusieurs groupes, quelques-uns n'ont que deux éléments. Quelques cellules péricycliques se différencient en éléments libériens; elles sont divisées par une cloison tangentielle. A l'intérieur du faisceau libérien, séparée des éléments primaires par une assise de parenchyme, se trouve l'assise génératrice libéro-ligneuse qui n'a pas encore fonctionné.

Les faisceaux ont une disposition toute différente de celle qu'on peut observer au haut de la racine : il n'y a aucune file radiale, mais six files d'une cellule radialement, de six tangentiellement. Ce sont les faisceaux primaires de la racine qui se sont dédoublés et tordus : chaque faisceau de l'hypocotyle se compose de deux demi-faisceaux qui se sont accolés par leur extrémité étroite, c'est-à-dire que le premier et le sixième vaisseau ont des diamètres plus larges que le deuxième et le quatrième; le troisième et le sixième ayant les diamètres les plus petits.

La moelle n'offre rien d'anormal (cellules arrondies, nombreux petits méats triangulaires). Il n'y a pas encore formation de liber interne.

Coupe transversale pratiquée immédiatement au-dessous de l'aisselle des cotylédons. — Cette coupe a la même forme et la même

disposition que celle qui a été pratiquée dans l'embryon avant la germination de la graine (p. 33) : les trois faisceaux ligneux se rendant à un cotylédon, se trouvent d'un côté de la coupe, et l'on voit en face ceux qui vont dans le pétiole opposé.

Ici, l'épiderme a produit de nombreux poils cutinisés. Les six faisceaux libériens (il y en a six de chaque côté) sont augmentés du métaphloème. En dehors de ces faisceaux, le long de l'assise péricyclique, à l'extérieur de la région où l'on verra bientôt les faisceaux ligneux caulinaires, quelques tubes criblés à différenciation nacrée se sont formés.

Les faisceaux de bois primaire sont aussi augmentés par le métaxylème. Ces faisceaux n'alternent pas encore avec ceux du liber.

Résumé. — Racine : Les formations de métaxylème ont d'abord une tendance à l'irrégularité, puis elles se forment normalement. Au voisinage du collet, aucun tissu ne présente de déchirure, ni d'écrasement. Les formations secondaires ont commencé.

Hypocotyle : Les faisceaux ligneux foliaires se comportent comme dans l'embryon non germé. Mais ici, on voit apparaître les formations libériennes caulinaires; elles précèdent les formations ligneuses.

Conclusion. — A ce stade du développement de la plantule, les formations secondaires libéro-ligneuses peu développées apparaissent à la partie supérieure de la racine seulement, on n'en voit nulle part dans le reste de la plantule. Dans l'embryon non germé, c'était au sommet de l'hypocotyle que se trouvaient les principales formations vasculaires.

Ces coupes contrôlent les résultats obtenus pour l'embryon non germé : le passage de la structure racine à la structure tige s'établit dans l'hypocotyle, et ne s'achève qu'au point où la lame libéro-ligneuse cotylédonaire se sépare du cylindre central.

Jeune tige. — Il me reste à étudier la tige *dans des échantillons plus avancés.* Ceux que je choisis ont des formations épicotylédonaires qui ne mesurent, bourgeon terminal compris, guère moins de 1 centimètre de long.

Première coupe transversale pratiquée juste au-dessus des pétioles des cotylédons dans la tige. — Epiderme : Il comprend des cellules petites, allongées radialement, serrées, avec de nombreuses cloisons radiales, donc en voie de développement rapide, quelques poils unicellulaires, très longs.

Ecorce : Elle est formée de onze assises de cellules dont trois composent l'écorce externe.

L'endoderme a des cellules arrondies, de dimensions inégales, sans plissements des parois. On ne distingue cette assise que par sa position, à l'intérieur de l'écorce, à l'extérieur du péricycle.

Cylindre central : Le péricycle se compose d'une seule assise de petites cellules irrégulièrement rangées.

Le liber est dispersé en plages nombreuses sur la périphérie du manchon libéro-ligneux, exactement opposées à des faisceaux ligneux larges d'un élément, à disposition radiale; entre deux de ces faisceaux se trouve un rayon médullaire.

Ces formations ne comprennent que du proto et du métaphloème, du proto et du métaxylème; l'assise génératrice libéro-ligneuse n'a pas encore fonctionné.

En plusieurs points, à l'intérieur du manchon libéro-ligneux se forment de petits groupes de liber médullaire. Jusqu'ici, je n'en avais vu dans aucune coupe chez *T. Chebula*.

Deuxième coupe pratiquée juste au-dessous des pétioles de deux feuilles, qui, à ce niveau, sont presque opposées. — Cette coupe est ovale, elle présente à ses deux extrémités les faisceaux foliaires et, dans la partie la plus étroite du cylindre central, les faisceaux caulinaires. Les faisceaux foliaires comprennent seize vaisseaux ligneux d'un côté, dix-neuf de l'autre. Les faisceaux caulinaires ne renferment qu'un petit nombre de vaisseaux très espacés, entre ces vaisseaux, à l'intérieur, sont de petites plages de liber interne qui constitueront les bandes, dont parle Turquet [1] à propos de *C. cuspidatum*.

La structure de cette jeune tige est donc la structure normale des *Terminalia*.

En résumé, le fruit de *T. Chebula* présente des différences avec celui de *T. Catappa*, mais la plantule, comme forme générale, tigelle longue et épaisse, etc., se rapproche beaucoup de *T. Catappa*. De même, les six faisceaux libéro-ligneux, par leur disposition et par leur course dans la racine et dans l'hypocotyle, ne diffèrent guère dans ces deux espèces.

1. Turquet, p. 17.

CHAPITRE III

ÉTUDE DU *POIVREA SP.*

(N° XVIII, B. 57, du *Catalogue du Jardin botanique de Buitenzorg.*)

Le Fruit (Pl. VII, fig. 15).

Le fruit est une samare à quatre ailes membraneuses. Les samares des Combrétacées ont été décrites, d'une manière générale, par Turquet (p. 62).

Chez *Poivrea Sp.*, les ailes ont une forme caractéristique : elles sont plus larges au sommet qu'à la base et se terminent en coin sur le court pédoncule. Au sommet, le fruit est surmonté par une petite pointe effilée, reste du style, qui dépasse les ailes.

Dimensions : Cette samare mesure environ $2^{cm},2$ de long sur $2^{cm},5$.

Il y a à considérer dans ce fruit : 1° les ailes; 2° les parois qui forment la cavité ovarienne.

Chaque aile se compose de deux lames parallèles accolées l'une contre l'autre; elles sont parcourues de nombreuses stries transversales, le long desquelles s'effectuent, à la maturité, des déchirures. Ces lames doubles et ces stries constituent un mécanisme de déhiscence sur lequel je reviendrai à propos de la germination.

Je décrirai plus loin les parois de la cavité ovarienne; elle est fusiforme, en coupe longitudinale. La partie centrale du fruit est, en coupe transversale, un carré, de chaque angle duquel se détache une aile. La lumière est irrégulière; l'examen histologique expliquera cette forme.

Dimensions : La cavité ovarienne ne mesure guère que 1 centimètre de long sur 3 ou 4 millimètres de large.

Examen histologique des parois du fruit. — *Coupe transversale pratiquée au milieu du fruit* (Pl. IX, fig. 18). — Cette coupe comprend les parois de la cavité et la partie interne des ailes. Les parois de la cavité forment un carré mesurant environ 3 millimètres de côté.

A chaque angle du carré se trouve une aile, ayant comme axe la diagonale (en coupe transversale), et formée par les tissus réunis, à peine modifiés des deux côtés adjacents. En étudiant une paroi séparément, on voit trois régions : 1° région externe, cellules à parois cellulosiques, colorées en rose par le carmin (méthode de la double coloration, carmin et vert d'iode) ; 2° région moyenne, un épais cordon de fibres lignifiées ; 3° région interne, un tissu très lâche et, au milieu du côté, un grand faisceau libéro-ligneux, en forme d'arc, à concavité tournée vers l'intérieur. Ce tissu lâche entoure étroitement l'embryon. A maturité, il est en voie de destruction, ce qui donne à la lumière de la cavité une forme irrégulière.

Dans le *Poivrea Sp.*, comme dans le *T. Catappa*, les parois du fruit se composent donc de trois enveloppes soudées ensemble.

Je vais décrire chacune de ces trois régions.

Région externe de la paroi du fruit. — *a*) Épiderme : Il se compose de cellules rectangulaires, petites, étroites, allongées parallèlement au bord de la coupe. Cet épiderme n'est pas cutinisé. De place en place, une cellule carrée, plus courte que les autres, donne naissance à un poil unicellulaire cutinisé.

b) Cinq assises de cellules arrondies, peu régulières, ayant souvent, à maturité du fruit, quelques parois détruites.

Ce tissu, de même que l'épiderme, se continue dans les ailes. Mais là, ce parenchyme ne se compose que de trois assises de cellules ; il constitue les deux bords externes de l'aile. Les cellules sont allongées dans le sens de la diagonale du carré.

A l'intérieur de ce parenchyme, autour de la cavité ovarienne seulement, se trouvent des cellules dont les parois, faiblement lignifiées, sont minces et munies de très nombreuses perforations. Les unes sont en bordure du cordon fibreux, dont je vais parler tout à l'heure, allongées parallèlement à sa direction, petites,

polygonales. Les autres, plus grandes, sont dispersées peu régulièrement dans la même région.

c) L'ensemble des cordons fibreux est la partie la plus importante du péricarpe. Il se compose de deux assises (le nombre augmente aux angles), de fibres épaisses, à parois lignifiées, munies de nombreuses perforations, elles sont disposées transversalement, c'est-à-dire parallèlement au plan de la coupe, perpendiculairement à l'axe du fruit; elles encadrent la cavité du fruit. Ce tissu lignifié est doublé, à l'intérieur, par d'autres fibres semblables, mais de direction orthogonale, c'est-à-dire coupées ici transversalement, *à parois moins épaisses que les précédentes*. Elles sont disposées sur deux ou sur quatre assises, suivant les points de la coupe.

La disposition transversale et longitudinale de ces deux séries de fibres (Pl. IX, fig. 18) assure la solidité de la paroi qui, en dehors de ces éléments lignifiés, se compose surtout de tissus peu résistants.

d) A l'intérieur de la lame fibreuse, au milieu de chacun des côtés, se trouve l'arc ligneux mentionné plus haut. Entre cet arc et le cadre fibreux, se trouve un endoderme à cellules ovales, très régulières, allongées tangentiellement, c'est-à-dire parallèlement au côté. Le péricycle et le liber normal sont écrasés entre les deux tissus résistants, les fibres et le faisceau libéro-ligneux.

Celui-ci se compose de cellules ligneuses et de vaisseaux disposés en files : cinq vaisseaux, au maximum, dans chaque file, les vaisseaux primaires orientés vers le centre de l'arc de cercle. Cet arc comprend dix-huit éléments environ dans sa plus grande dimension. Dans la partie médiane, les tissus ont moins de développement qu'aux extrémités, écrasés qu'ils sont par la lame fibreuse.

A l'intérieur du faisceau libéro-ligneux, se trouve, en bordure du liber interne, deux ou trois assises, cellules libériennes et tubes criblés.

e) Les parois du fruit se terminent, enfin, par un tissu cellulosique, formé de grandes et de petites cellules (quelques-unes ont subi un commencement de lignification), le tout en voie de destruction à maturité.

Angles du péricarpe (Pl. IX, fig. 18) : Aux angles du carré, les fibres externes sont disposées sur six assises au moins, et souvent se réfléchissent vers l'intérieur. Les fibres internes sont sur

quatre rangs. Les deux lames sont séparées par trois ou quatre assises de cellules allongées, suivant la diagonale. Cette disposition assure la solidité du fruit.

Aile de la samare : Une aile (coupe transversale pratiquée au milieu du fruit) se compose, à la base, de cinq lames parallèles de tissu. Les deux lames externes ont déjà été mentionnées à propos du parenchyme externe du péricarpe. Les deux bandes moyennes ne comprennent que les fibres lignifiées externes, deux à trois assises, moins lignifiées que dans les parois du fruit. Elles sont séparées par une bande médiane, comprenant deux assises de cellules rectangulaires, très étroites, allongées selon la diagonale, passant par l'aile, à parois minces, ornées de nombreuses perforations arrondies. Cette partie médiane offre une résistance très faible au moment de la déhiscence.

En coupe longitudinale, on voit que les fibres ne forment que des lames très courtes, séparées par des cellules moins lignifiées, de plus faible résistance.

Déhiscence du fruit. — La disposition transversale et longitudinale des deux séries de fibres qui forment les parois de la cavité ovarienne détermine la déhiscence du fruit. « En se desséchant les fibres lignifiées se contractent plus dans le sens de leur largeur que dans le sens de leur longueur. Elles se contractent d'autant plus que leurs parois sont plus épaisses ». Il en résulte que les parois du fruit, à maturité, doivent se recourber de la manière suivante : elles se séparent plus ou moins régulièrement en quatre quarts au sommet et à la base de la semence; les portions supérieures s'inclinent vers le bas, les parties inférieures se recourbent vers le haut; ce qui constitue une ouverture supérieure pour la radicule, une ouverture inférieure pour les cotylédons et la tigelle. Les ailes modifient un peu ce mouvement :

1° A sa racine, l'aile suit le mouvement qui lui est imprimé par les parois de la cavité du fruit et se partage en deux lames longitudinales; 2° vers les bords, l'aile se déchire en étroites bandes transversales, déchirures qui servent souvent d'orifice de sortie à la radicule.

Il en résulte que le mécanisme de déhiscence, complet dans les parois du péricarpe, est moins net dans les ailes. La séparation de l'enveloppe du fruit en quatre parties (comprenant chacune deux moitiés longitudinales de deux ailes différentes plus le quart de la paroi du fruit) ne s'effectue que lentement.

Il ne s'ensuit pas moins que la samare du *Poivrea Sp.* est un fruit sec déhiscent. Chez le *T. Catappa* et chez le *T. Chebula*, il y avait aussi une déhiscence, mais le mécanisme était moins net. Si j'insiste sur ce point, c'est que la plupart des Combrétacées ont des fruits indéhiscents.

Graine. — La graine est fusiforme, plus effilée vers sa partie supérieure qui se termine par le funicule. Ce dernier, au voisinage du hile, se replie (trois fois chez *Poivrea Sp.*) sur lui-même, comme celui de *T. Catappa.*

Le fuseau formé par la graine présente quatre grosses côtes longitudinales, séparées par quatre sillons.

Dimensions : ce fuseau mesure envion 1 centimètre de long, sur 3 millimètres de diamètre dans la plus grande largeur.

La graine se compose du tégument et de l'embryon. Il n'y a pas d'albumen.

Je vais d'abord décrire l'embryon et je parlerai du tégument quand je passerai à l'examen histologique de ces organes.

Embryon. — Quand on sort l'embryon du tégument, il se présente sous la forme d'une sorte de prisme allongé à quatre faces latérales; chacune de ces faces est concave, c'est-à-dire que l'ensemble présente quatre sillons et quatre côtes.

A la partie supérieure de l'embryon (la radicule est supère) se trouve une radicule massive, cylindrique, légèrement renflée dans sa portion subterminale, puis finissant en un cône émoussé. En coupe transversale, elle a la forme d'un carré ayant un petit repli à chaque angle.

La tigelle est cylindrique, très petite.

Cotylédons. — Les cotylédons ne sont pas épais comme chez *T. Catappa*, mais minces et foliacés. Ils enveloppent complètement la gemmule et entièrement la tigelle, sauf en un point.

Ils ne sont pas enroulés comme chez *T. Catappa*, mais présentent une disposition particulière : chaque cotylédon est replié sur lui-même longitudinalement.

Il forme ainsi une lame double qui est renflée aux deux bords sur toute sa longueur. La face de cette lame qui est tournée vers l'intérieur présente une gouttière irrégulière alternant avec une crête. Le cotylédon opposé est plié de la même manière, mais ses deux bords libres coïncident avec la partie médiane de l'autre. En outre, à une crête formée au milieu de la double lame du pre-

mier, correspond une gouttière dans le second et *vice-versa* de telle sorte qu'ils se moulent l'un sur l'autre et s'emboîtent l'un dans l'autre.

En somme, comme chez le *T. Catappa*, la gemmule et la tigelle sont fortement protégées par les cotylédons. Chez le *Poivrea Sp.*, comme chez le *T. Chebula* et d'autres Combrétacées, cet appareil cotylédonaire constitue pendant la germination un organe de protection pour la gemmule et la tigelle.

Le cotylédon déplié a la forme d'un trapèze; il est plus large que haut. A sa partie inférieure, deux petits lobes aigus descendent plus bas que le point d'insertion du pétiole. Le bord supérieur présente généralement une échancrure. Le pétiole très court est aplati.

Dimensions de l'embryon : longueur $8^{mm},5$ environ, largeur (mesurée à l'endroit où les cotylédons en place dans le tégument ont leur plus grand diamètre), $2^{mm},2$ environ.

La Germination (Pl. VII, fig. 15).

Les graines que j'ai examinées ont toutes germé à Hanoï, en plein air, dans l'ouate humide.

La germination se manifeste extérieurement par la sortie de la radicule qui passe le plus souvent par l'ouverture que la déhiscence ménage à la partie supérieure du fruit. Parfois elle s'engage dans une des déchirures mentionnées plus haut. Elle apparaît, dans ce cas, soit vers l'axe du fruit, soit vers le bord externe de l'aile; mais toujours plus près du sommet que du milieu de la semence.

Les cotylédons et la tigelle font toujours saillie par l'ouverture qui se forme au moment de la germination à la partie inférieure du fruit.

Après la sortie de la radicule et de la portion supérieure de la tigelle, la partie médiane de la plantule reste pendant un certain temps protégée par la gaine que forme le péricarpe. Elle s'en dégage peu à peu.

Les cotylédons se déroulent, ils atteignent $1^{cm},5$ environ, dans leur plus grande dimension et ont un pétiole dont la longueur n'est guère que de 2 millimètres. Ils ont trois nervures se séparant à la base de la feuille, comme chez *T. Catappa*. Ils per-

sistent, pendant longtemps; j'ai un échantillon de 22 centimètres qui les conserve encore.

La tigelle et la radicule décrivent parfois la même ligne brisée avec des angles moins prononcés, il est vrai, que chez *T. Catappa.* Voici dans quel cas : lorsque (la graine étant semée de telle sorte que le micropyle soit dirigé vers le centre de la terre) la radicule sort par une déchirure latérale; elle suit, avant sa sortie, une direction horizontale, puis brusquement, s'enfonce verticalement; la tigelle a pris la direction opposée. Elles sont parallèles et entre les deux se trouve une petite portion, plus ou moins horizontale.

Développement de la plantule après sa sortie de la gaine formée par le péricarpe. — 1° *Description d'une plantule mesurant* 3^{cm},5 *environ.* — Cette plantule est encore encombrée d'une partie des débris des tissus du fruit. Les deux angles signalés plus haut, quand ils existent, sont encore très marqués.

La radicule a un revêtement brun. Elle porte, à sa partie inférieure surtout, des racines secondaires.

La tigelle, d'un diamètre supérieur à celui de la radicule, est d'un blanc verdâtre.

Les cotylédons s'étalent dans un plan presque horizontal, tandis que chez *T. Catappa*, ils sont dans un plan qui se rapproche de la verticale.

La petite tige épicotylédonaire mesure quelques millimètres.

2° *Description d'une plantule de* 10 *centimètres* (Pl. VIII, fig. 16). — La racine principale, large près de l'hypocotyle, mince dans sa seconde moitié, mesure environ 7 centimètres. Elle n'a son revêtement brun que dans sa partie supérieure. Elle porte des racines secondaires, disposées sur quatre rangées. Les plus rapprochées de l'hypocotyle ont un diamètre relativement grand.

La tigelle est normale.

La petite tige, longue d'un centimètre environ, porte deux feuilles entières, pennées. Elles paraissent opposées, mais, en réalité, elles ne s'insèrent pas juste en face l'une de l'autre, la différence des niveaux d'insertion des pétioles est très petite. Entre elles deux, se trouve une jeune feuille, très peu développée.

Les cotylédons persistent.

3° *Description d'un échantillon mesurant* 22 *centimètres environ.*

— La racine principale, très développée, porte de nombreuses racines secondaires grêles.

L'hypocotyle est très pubescent.

Les cotylédons persistent.

La tige épicotylédonaire mesure 6 centimètres environ. Elle porte sept feuilles, très développées, et une huitième, toute petite. Les deux premières paraissent opposées; les autres sont nettement alternes. La septième feuille est deux fois plus longue que la première.

En résumé, les jeunes plantes de *Poivrea Sp.* sont caractérisées par le grand développement de l'appareil radiculaire, l'abondance des feuilles et la persistance des cotylédons.

Étude anatomique et histologique de la graine avant la germination.

Examen de la graine. — Après avoir examiné macroscopiquement la plante à divers stades de son développement, je vais étudier les tissus qui la composent, et, en premier lieu, ceux de la graine.

1° *Tégument de la graine.* — La graine de *Poivrea Sp.* ne possède qu'un seul tégument assez épais.

Ce tégument ne se moule pas sur la plantule : une coupe transversale, pratiquée à l'extrémité de l'embryon, a la forme d'un carré à côtés très concaves : au centre, se trouve une étroite lumière circulaire, ménagée par la radicule.

Histologiquement, ce tégument ne se présente pas tout à fait comme celui que décrit Turquet[1], pour les Combrétacées en général.

A l'extérieur, se trouve bien l'assise de « grandes cellules prismatiques », mais, ensuite, viennent plusieurs assises d'éléments allongés, à ornements circulaires ou spiralés. Au centre, ils sont perpendiculaires à la plantule.

Anatomie de l'embryon. — Je vais, au moyen d'une série de coupes, étudier le développement des tissus chez l'embryon de *Poivrea Sp.* pendant la germination.

1. Turquet, p. 64.

1° *L'embryon dans une graine mûre.* — Les premières coupes transversales étant très délicates, je les ai mises directement sur une lamelle dans la glycérine. J'ai traité les coupes longitudinales par le vert d'iode et le carmin.

Extrémité de la radicule. — La radicule porte, à son extrémité, une coiffe très nette, qui comprend huit assises de cellules (longitudinalement dans la région axiale) emboîtées les unes dans les autres. En allant de bas en haut, on voit ensuite les trois initiales de la coiffe et de l'assise pilifère, puis les trois initiales de l'écorce, auxquelles sont superposées les trois initiales du cylindre central. Les cellules provenant de ces trois méristèmes se distinguent, à ce niveau, les unes des autres, quoique leur différenciation soit faible.

Coupe transversale pratiquée immédiatement au-dessus des méristèmes. — Dans cette coupe circulaire, le parenchyme cortical comprend trois assises de cellules en files radiales; le cylindre central se compose de six assises de cellules polygonales, à peu près isodiamétriques, plus grandes que celles de la périphérie.

Les parois ne sont pas différenciées.

La *radicule, un demi-millimètre plus haut* environ, présente une section carrée, un peu arrondie aux angles. Une coupe transversale, faite à ce niveau, comprend trois régions : 1° la région corticale, très claire (dans une coupe qui a été mise dans la glycérine, sans préparation); 2° la région externe du cylindre central, qui donnera naissance aux tissus libéro-ligneux; elle a une coloration brune; 3° la région interne du cylindre central, qui deviendra la moelle. Ce parenchyme a une coloration claire, comme celui de la région corticale.

1° A l'extérieur du parenchyme cortical, se trouve l'assise, qui provient du même méristème que la coiffe, et qui donnera les poils absorbants. Les cellules sont des parallélipipèdes rectangles, empilés régulièrement. Les parois sont très minces.

Le parenchyme cortical comprend quatre assises : d'abord, une assise externe de cellules un peu plus grandes, alternant avec les précédentes. Puis deux assises de cellules plus grandes, polygonales (coupes transversales), allongées tangentiellement ou isodiamétriques. Enfin l'assise qui deviendra l'endoderme comprend des cellules très régulières.

2° La région externe du cylindre central comprend six assises

de cellules; la plus externe donnera le péricycle et les cinq autres le système libéro-ligneux. Elles sont polygonales (en coupe transversale), allongées tangentiellement. Leurs dimensions augmentent de la périphérie au centre.

La région interne du cylindre central se compose, d'abord, de deux assises de cellules régulières, polygonales, presque isodiamétriques (coupe transversale); puis de quatre assises de cellules un peu plus grandes, allongées radialement; enfin, au centre, se trouvent des cellules polygonales, les plus grandes de la coupe.

Cet ensemble deviendra le parenchyme médullaire.

En résumé, dans cette coupe, les éléments de la racine sont distincts les uns des autres, mais il n'y a aucun élément libérien ou ligneux.

Coupe transversale pratiquée environ 1 millimètre plus haut. — Cette coupe a la forme d'un parallélogramme.

Le parenchyme cortical a un diamètre plus grand que celui du cylindre central. Il contient de nombreuses mâcles en oursin (comme chez *T. Catappa*), surtout dans sa partie moyenne.

Le cylindre central est un cercle. En face de chaque angle du parallélogramme, se trouve une plage d'un tissu différant du reste du parenchyme (j'y reviendrai plus loin). Les cellules, en se différenciant, donneront les premiers vaisseaux ligneux. Comme la disposition des radicules le faisait prévoir, il y a quatre faisceaux ligneux dans la racine.

Ecorce (je ne parle pas de l'assise pilifère, je l'ai décrite plus haut) : L'écorce se compose de douze assises aux angles et de onze dans le reste de la coupe.

La première assise a des cellules très régulières, presque isodiamétriques. Les suivantes sont polygonales, parfois allongées tangentiellement; les dimensions augmentent de la périphérie au centre, jusqu'à la dixième assise. La dixième et la onzième assise ont des cellules plus petites. La onzième assise a des éléments très réguliers, rectangulaires, allongés tangentiellement. Elle constituera l'endoderme qui, avec les cinq assises précédentes, formera l'écorce interne, tandis que les cinq autres assises donneront l'écorce externe.

Cylindre central : La première assise qui, en se différenciant, sera le péricycle, présente des cellules plus petites et à parois plus minces que celles de la onzième assise corticale.

Le manchon qui se différenciera en tissu libéro-ligneux compte

cinq assises (six avec le péricycle). Aux quatre plages déjà mentionnées, les cellules sont plus petites et plus serrées que dans le reste de la coupe.

Le parenchyme médullaire est formé de grandes cellules; celles du centre, les plus grandes, sont hexagonales.

En résumé, dans cette coupe, les cellules sont plus différenciées que précédemment. La position des premiers éléments ligneux est indiquée. Mais il n'y a encore ni vaisseau du bois, ni tube criblé.

Une coupe transversale, pratiquée un peu plus haut, a une forme plus irrégulière, plus allongée. Les quatre plages du manchon

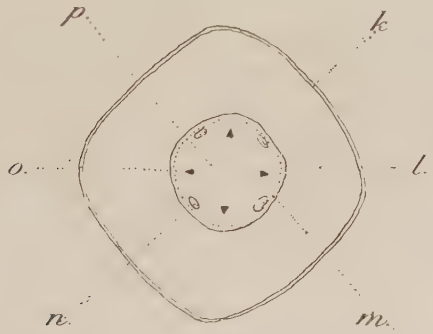

Schéma des formations primaires dans la racine de *Poivrea Sp.* — *k*, épiderme; *l*, écorce; *m*, péricycle; *n*, liber; *o*, bois; *p*, parenchyme médullaire.

externe du cylindre central occupent la même position, toujours sans différenciation ligneuse. Les mâcles en oursins abondent dans toute la coupe; elles foisonnent surtout dans la portion du parenchyme cortical qui deviendra l'écorce externe.

Des coupes pratiquées plus haut ne m'ayant fourni aucun renseignement nouveau, j'ai examiné les tissus au sommet de la tigelle.

Coupe transversale pratiquée au sommet de l'hypocotyle. — Pour distinguer la radicule de la tigelle, il n'y a qu'un seul caractère (caractère anatomique) : les assises externes diffèrent.

Cette coupe a la forme d'un rectangle dans lequel les deux petits côtés et un des grands côtés seraient convexes. On y distingue trois régions, comme dans les dernières coupes de la radicule.

Région externe : Les cellules de la première assise sont régulières, rectangulaires, presque isodiamétriques, leur paroi externe

est épaissie; tandis que la même assise, dans la radicule, présente des cellules allongées radialement ayant la paroi externe mince.

L'écorce comprend sept assises de grandes cellules bourrées d'un contenu granuleux jaune. Dans la troisième, la quatrième et la cinquième assise, les cellules sont d'une taille supérieure aux autres. La cinquième assise contient des mâcles en oursins. La dernière assise, l'endoderme, présente des cellules un peu allongées tangentiellement.

Région moyenne, manchon externe du cylindre central : Cette région qui deviendra le manchon libéro-ligneux ne contient que quatre assises de cellules, peu régulières, très petites, polygonales, généralement allongées radialement.

Région interne du cylindre central : Cette région qui deviendra le cylindre médullaire comprend cinq assises de cellules rondes ou polygonales, riches, comme le reste de la coupe, en réserves nutritives.

J'ai contrôlé les résultats obtenus avec cette série de coupes transversales au moyen de coupes longitudinales.

Première coupe longitudinale comprenant la partie inférieure de l'embryon. — Cette coupe passe par l'axe de la plantule.

Forme générale : Après le tronc de cône de la partie inférieure de la radicule, correspondant à la coiffe, la plantule se renfle et se courbe légèrement présentant une concavité et, un peu plus haut, une convexité.

La double coloration, vert d'iode et carmin, à laquelle cette coupe a été soumise, ne révèle aucune différenciation dans les tissus.

Les différences dans la forme des cellules sont plus marquées que dans les coupes transversales. L'assise externe ici aussi se distingue par la faible épaisseur de ses parois très flexueuses. Les cellules supérieures de la coiffe ne sont pas exfoliées; il n'y a encore aucun poil absorbant.

Les cellules des parenchymes cortical et médullaire ont une section rectangulaire, allongée transversalement. Elles sont disposées en piles régulières. Les éléments qui donneront naissance au manchon libéro-ligneux sont très étroits et très allongés dans le sens de l'axe de la plantule.

Coupe longitudinale pratiquée dans la tigelle comprenant la gemmule et la base du pétiole d'un des cotylédons. — Forme générale : cette coupe se rétrécit légèrement vers la partie supérieure.

La gemmule est un très petit cône. La partie inférieure du pétiole du cotylédon forme un renflement qui recouvre presque la gemmule.

Le cylindre central, dans les régions inférieures, est étroit, entouré par un manchon cortical épais; puis il s'élargit et est enveloppé par un parenchyme cortical plus mince. Enfin, il cesse d'être cylindrique, un peu au-dessous de la gemmule. Il se continue par une lame de tissu dans le pétiole du cotylédon.

Il est inutile de décrire le cylindre central, la disposition des cellules ayant déjà été indiquée à propos de la coupe transversale pratiquée au sommet de la tigelle. Mais je n'ai encore rien dit au sujet de la gemmule.

Gemmule : Elle se compose :

a) D'un épiderme à cellules allongées parallèlement à la surface extérieure. Au sommet, se trouve le méristème épidermique.

b) D'une seconde assise, contiguë à la première; les cellules latérales de cette assise ont la même forme que celles de l'épiderme. Mais, au sommet, une grande cellule hexagonale constitue le méristème cortical; sur ses côtés se trouvent quelques cellules polygonales, à allongement longitudinal.

c) Immédiatement au-dessous, coïncidant avec le sommet de l'axe de l'embryon, les cellules du méristème vasculaire sont petites, polygonales.

Les différentes assises de tissus, provenant de ces méristèmes, forment des calottes superposées auxquelles font suite d'autres calottes plus internes, composées de petites cellules allongées.

Pétiole du cotylédon : Il est recouvert par l'épiderme. La base renflée est formée par une lame de parenchyme médullaire qui continue le parenchyme médullaire du cylindre central.

La lame faisant suite aux tissus qui donneront le manchon libéro-ligneux du cylindre central, n'a pas encore subi de différenciation.

Dans la région externe, le parenchyme se raccorde avec le parenchyme cortical de l'hypocotyle.

Coupe transversale, pratiquée dans un cotylédon. — Le cotylédon se compose de six assises de cellules peu différenciées, très riches en matières de réserve. Les deux assises médianes sont littéralement bourrées de mâcles en oursin.

Conclusion : L'embryon du *Poivrea Sp.*, à ce stade, est bien développé, mais on ne voit nulle part de différenciation libéro-ligneuse.

Les parenchymes sont abondamment pourvus de matières de réserve. Les mâcles en oursin foisonnent.

Étude anatomique et histologique de l'embryon pendant la germination.

I. Examen d'un embryon dont la radicule, longue de quelques millimètres, fait saillie par l'ouverture supérieure de la graine. — L'embryon que je vais étudier mesure environ $1^{cm},9$ de long. Les cotylédons sont encore dans le fourreau du péricarpe.

Première coupe transversale, pratiquée à 2 millimètres environ au-dessus du sommet de la radicule. — Cette coupe a été traitée par le réactif génevois (rouge Congo et chrysoïdine).

Assise externe : Les parois cellulaires sont colorées légèrement en jaune par la chrysoïdine, c'est la réaction caractéristique des tissus subéreux. Ces cellules sont allongées un peu radialement. Elles font partie de la coiffe.

Ecorce : L'écorce se compose de cellules polygonales avec quelques méats. L'endoderme a ses éléments allongés radialement, à cloisons radiales subérifiées.

Cylindre central : Le péricycle contient des cellules polygonales régulières auxquelles fait suite un parenchyme de petites cellules dans lequel se trouvent quatre faisceaux ligneux. Ils comprennent chacun deux vaisseaux.

Entre deux faisceaux consécutifs, plus près du péricycle, on voit une plage libérienne. Cette plage comprend radialement une seule assise; tangentiellement, trois tubes criblés, séparés par des cellules parenchymateuses.

Deuxième coupe transversale, pratiquée à la partie supérieure de la radicule, c'est-à-dire près de l'hypocotyle. — Dans cet embryon, la radicule est bien développée. La tigelle, qui est encore dans le péricarpe, n'a pas pu s'allonger.

Assise pilifère : Cette assise permet (je l'ai déjà dit) de reconnaître, à première vue, si une coupe a été pratiquée dans la radicule. Elle se compose d'une rangée de cellules hexagonales, allongées radialement. Beaucoup de ces cellules donnent naissance par un allongement superficiel à un poil absorbant. Ils sont longs, à parois cellulosiques minces. A propos de la coupe longitudinale, j'indiquerai l'exfoliation de la coiffe. Dans la coupe

transversale que je décris, des débris de la coiffe se trouvent mêlés aux poils absorbants.

Écorce : L'écorce externe comprend quatre assises de petites cellules polygonales.

L'écorce interne présente six assises de cellules arrondies : les parois sont un peu sinueuses. Ces replis forment des méats. Des mâcles énormes se voient dans certaines cellules. La derniere assise, l'endoderme, présente les mêmes caracteres que dans la coupe précédente.

Cylindre central : Le péricycle se compose d'une assise de cellules plus petites que celles de l'endoderme, allongées tangentiellement. Le parenchyme interne adjacent présente quatre assises de petites cellules polygonales à allongement radial.

Les quatre faisceaux ligneux alternent, comme précédemment, avec les quatre plages libériennes en formation. Ici, ils sont par groupe de deux vaisseaux dans un faisceau, et de trois dans les trois autres faisceaux. Ils occupent une position presque tangentielle, au lieu de la position nettement radiale qu'ils avaient dans la coupe précédente.

Les plages libériennes comprennent chacune quatre tubes criblés losangiques à différenciation nacrée. Ils sont contigus au péricycle tandis que le bois en est séparé par une assise de cellules.

Parenchyme médullaire : La premiere assise périmédullaire renferme des éléments de taille moyenne, polygonaux. Les cellules plus grandes et plus arrondies sont à l'intérieur.

En résumé : 1° A ce stade, l'absorption est intense, il y a de nombreux poils absorbants, les tubes criblés en sont au moment de la différenciation nacrée ; 2° les faisceaux ligneux occupent une position qui n'est plus radiale, mais pas encore tangentielle, une position oblique.

Troisième coupe longitudinale, pratiquée dans les parties supérieure et moyenne de la radicule. — On voit, dans cette coupe, que la région des poils absorbants, s'étend jusqu'à la partie la plus élargie de la petite plantule. Les assises de la coiffe qui s'exfolient pour laisser l'assise pilifere à découvert sont plus ou moins détruites, selon les régions. Au niveau supérieur, elles sont encore appliquées contre la radicule. Plus bas, elles s'écartent laissant un espace vide entre elles et l'assise pilifere. L'extrémité libre des poils absorbants est encore prise en partie dans ce tissu. Vers la portion la plus étroite de la radicule, l'exfoliation est complète.

Ces cellules, qui s'exfolient, se composent, dans la partie la plus rapprochée de l'hypocotyle de deux assises; plus bas, il y en a quatre. Elles sont très allongées dans le sens de l'axe de la plantule et présentent de nombreuses et grandes perforations elliptiques. Leurs parois sont légèrement subérifiées.

Les parois de l'assise pilifère sont restées presque cellulosiques. Les éléments en sont allongés. Les quatre assises sous-jacentes ont leurs éléments allongés dans le même sens, longitudinalement. Chez ces dernières, les parois sont subérifiées. Les parois longitudinales sont très minces, ce qui permet à la sève brute de les traverser. Les parois radiales sont plus épaisses et plissées.

Le système ligneux se borne, au début, à des faisceaux d'un à deux vaisseaux spiralés.

Je passe à l'examen de l'hypocotyle. A ce stade, il est très court, élargi, renflé. Il faut encore recourir à l'assise externe pour distinguer une coupe faite dans la tigelle d'une coupe de la radicule; les modifications dans la position des éléments libéro-ligneux n'étant pas encore assez prononcées.

Quatrième coupe transversale pratiquée un ou deux millimètres au-dessous des pétioles des cotylédons. — Epiderme : Traité par le vert d'iode et le carmin, il prend une teinte faiblement violacée. Il donne naissance à des poils unicellulaires à parois cutinisées.

Ecorce : Elle comprend neuf assises de cellules : trois font partie de l'écorce externe et six de l'écorce interne.

La première assise de l'écorce externe a des cellules allongées radialement, très serrées. Les autres cellules sont plus grandes, arrondies ou polygonales, isodiamétriques, laissant entre elles de nombreux petits méats triangulaires.

L'écorce interne a des cellules plus grandes, arrondies avec des méats plus nombreux, et une plus grande abondance de mâcles en oursin.

L'endoderme ne se reconnaît que par la forme et la régularité de ses cellules.

Cylindre central : Le péricycle a des cellules plus petites que celles de l'endoderme. Il se forme de nombreuses cloisons radiales, ce qui indique que le tissu est en voie de développement rapide.

Le liber se compose de quatre plages disposées chacune sur un arc de cercle entre deux faisceaux. Les deux extrémités de l'arc libérien sont très rapprochées des plages ligneuses. Les cellules les plus externes du liber sont contiguës au péricycle. Il y a

encore de rares tubes criblés au stade de la différenciation nacrée. C'est l'exception ; les autres éléments du liber sont en voie de cloisonnement.

Le bois est moins avancé. Il comprend des faisceaux de deux vaisseaux. La direction de ces faisceaux est plus ou moins oblique, pas encore nettement radiale. Cependant, dans les coupes longitudinales, on voit que les vaisseaux de petit diamètre sont vers l'intérieur. Ils sont spiralés, assez courts. Parfois la plage ligneuse n'a qu'un vaisseau.

La moelle comprend treize à quatorze assises de cellules arrondies ou polygonales. Quelques mâcles en oursin.

Le développement des tissus de l'hypocotyle est donc peu avancé. Mais certains d'entre eux sont en voie de cloisonnements nombreux : les régions supérieures de la plantule vont rapidement s'accroître, ce qui est conforme aux observations macroscopiques.

Cotylédon : Après l'étude de l'axe principal, je passe à celle d'un cotylédon.

Le cotylédon se compose de six assises de cellules (coupe transversale).

L'assise externe, qui deviendra l'épiderme de la face inférieure, a des cellules allongées, régulières. L'épiderme de la face interne (face supérieure) présente des éléments serrés les uns contre les autres, à grand diamètre transversal. La troisième et la quatrième assise, c'est-à-dire les deux plus internes, ont de grandes cellules arrondies. La cinquième assise (adjacente à l'épiderme supérieur) présente une disposition qui rappelle celle du tissu en palissade. Dans les assises externes, se trouvent de nombreuses mâcles en oursin.

Ce parenchyme renferme de petites plages d'un tissu à très petits éléments contenant un faisceau libéro-ligneux. Le faisceau est tantôt parallèle, tantôt perpendiculaire au plan de la coupe transversale.

Voici comment est constituée une de ces plages ; sous la troisième assise du parenchyme cotylédonaire, se trouvent deux assises (transversalement) de trois cellules qui sont la continuation de l'endoderme et du péricycle de l'hypocotyle. Puis, séparés du péricycle par une assise de cellules, se trouvent deux tubes criblés à différenciation nacrée. A l'intérieur du liber, on voit deux assises de petites cellules parenchymateuses disposées en arc de

cercle. La plus interne comprend six cellules. Elles ont (en coupe transversale) la forme de polygones irréguliers. Leurs parois sont sinueuses. Enfin vient le faisceau du bois, il se compose de deux vaisseaux spiralés en file radiale. A l'extrémité interne de ce faisceau, une cellule se cloisonne tangentiellement. Elle donnera le liber médullaire. C'est la première fois que je vois se former chez ces plantules du *Poivrea Sp.* ce liber anormal.

Dans les cotylédons du *Poivrea Sp.*, il est facile de suivre le développement de ces nervures. Si l'on prend un élément plus jeune, on voit s'organiser : 1° des cellules parenchymateuses très petites qui se disposent en arc de cercle. Bientôt l'une, puis deux d'entre elles, se différencient en tubes criblés. Un vaisseau, puis un second vaisseau ligneux, provenant de transformations de ce même parenchyme, n'apparaissent qu'ensuite.

En résumé à ce stade, il n'y a aucune formation secondaire. Les tissus libériens et ligneux sont formés ; mais il n'y a encore que du protophloème et du protoxylème ; le protophloème en est à la différenciation nacrée.

Quant au passage de la disposition alterne à la disposition opposée, elle commence dans la partie de la radicule voisine de la tigelle, continue dans l'hypocotyle, est effectuée dans les cotylédons. On verra plus loin que c'est au sommet de l'hypocotyle que se trouvent les premiers faisceaux à disposition opposée.

II. Examen d'un embryon chez lequel la portion de la radicule sortie de la graine mesure $1^{cm},5$. — Les cotylédons et l'hypocotyle sont encore dans le péricarpe. Je choisis cette plantule pour étudier surtout les faisceaux libéro-ligneux. Les formations primaires sont bien développées et ne sont pas encore déplacées par des formations secondaires.

Première coupe transversale faite 2 millimètres environ au-dessus de la coiffe. — Les quatre faisceaux ligneux composés chacun de deux vaisseaux spiralés alternent avec les quatre faisceaux libériens.

Deuxième coupe transversale pratiquée au point où, chez beaucoup de sujets, la radicule se plie à angle droit. — La coupe est pratiquée un peu au-dessous du sommet de l'angle. Elle a la forme d'un parallélogramme arrondi aux angles. La zone externe présente une vraie toison de poils absorbants. La surface occupée par le parenchyme cortical est plus des deux tiers de la surface de la

coupe. Il ne contient que quelques mâcles en oursin. Les quatre faisceaux ligneux sont opposés aux angles du polygone.

Ecorce : Elle n'offre rien de particulier. Ici, la cutinisation des parois radiales des cellules endodermiques est très nette.

Cylindre central : Le parenchyme du manchon externe se compose de cinq assises de petites cellules. Le péricycle comprend des cellules peu régulières. Chaque faisceau ligneux est formé par un vaisseau étroit à l'extérieur, puis plusieurs vaisseaux, quatre en général, plus larges, disposés sur un même arc de cercle. Les vaisseaux placés aux deux extrémités de l'arc sont du métaxylème. Cette plantule a donc du bois primaire de seconde formation, mais l'assise génératrice libéro-ligneuse n'a pas encore fonctionné.

Les faisceaux libériens ont chacun quatre petites plages disposées également sur un arc de cercle dont les extrémités, débordant sur les rayons médullaires primaires, sont très voisines des faisceaux ligneux. Ces extrémités sont constituées par du métaphloème. Chaque plage est adjacente à l'assise péricyclique.

Examinons une de ces plages : on y voit un tube criblé, généralement polygonal, et une cellule libérienne : parfois, une cloison radiale partage cette cellule en deux.

Il n'y a pas de liber médullaire ; mais, entre le bois et la première assise corticale, se trouve une assise de petites cellules pentagonales qui donnera naissance à ce tissu anormal.

En résumé, cette coupe diffère de la coupe pratiquée au même niveau dans l'embryon examiné précédemment par l'abondance des poils absorbants, par la présence du métaphloème et du métaxylème.

Troisième coupe transversale faite au niveau du second angle de la plantule, c'est-à-dire à la base de l'hypocotyle. Si je parle d'une plante chez laquelle ces angles sont marqués, c'est parce qu'ils fournissent des points de repère commodes. — L'épiderme porte quelques poils unicellulaires cutinisés. Les parois radiales de l'endoderme sont cutinisées, comme dans la radicule. La disposition des faisceaux libériens et ligneux est la même que dans la radicule, mais le manchon qui constitue la partie externe du cylindre central est plus développé. On peut dire la même chose du manchon cortical.

Quatrième coupe transversale pratiquée près du sommet de l'hypocotyle. — Dans cette coupe, on voit que les quatre faisceaux

ligneux se sont dédoublés; chacun des demi-faisceaux se compose radialement de deux vaisseaux. Les deux moitiés d'un même faisceau sont séparées l'une de l'autre par six petites cellules de tissu parenchymateux. Ces deux moitiés ont chacune une direction oblique telle que leurs prolongements formeraient un angle, dont le sommet serait dans la région externe de la coupe. Le vaisseau le plus large est du côté de la périphérie.

Le protophloème n'a subi aucune torsion. Le métaphloème est développé, restreignant les rayons médullaires primaires.

Cinquième coupe transversale pratiquée au sommet de la tigelle, juste au-dessous des pétioles des cotylédons. — Cette coupe a la forme d'un rectangle aux côtés très convexes. L'épiderme porte une toison de poils cutinisés, quelques-uns sont déjà flétris. Cette abondance de poils n'existait pas dans les plantules moins développées.

Les faisceaux ligneux sont opposés, non plus aux angles du polygone, comme dans la radicule, mais aux côtés. Il y a donc un déplacement des faisceaux. Leur disposition est la suivante : ils comprennent chacun quatre vaisseaux qui sont disposés en trapèze. Les deux vaisseaux les plus larges (à l'extérieur) sont les deux angles adjacents à la grande base du trapèze; les deux vaisseaux les plus étroits occupent les deux angles de la petite base; ils sont donc du côté du centre. Ce faisceau unique, ainsi constitué, est composé avec deux des demi-faisceaux décrits à propos de la coupe précédente. Ils ont tourné de 90 degrés.

En face de chacun des nouveaux faisceaux se trouve une des quatre plages de protophloème. La disposition opposée est donc établie.

Dans cette même coupe, on distingue nettement l'assise génératrice libéro-ligneuse. Les cellules ne se sont pas encore différenciées ; mais elle s'est déjà divisée tangentiellement : elle se compose de trois assises de cellules très étroites en files régulières.

En résumé : 1° le passage de la structure alterne à la structure opposée se fait graduellement dans toute la tigelle. Il est terminé au sommet de cet organe; 2° dans un embryon à ce stade, les formations primaires ont tout leur développement, les formations secondaires n'ont pas encore commencé.

III. Examen d'une jeune plante mesurant un peu plus de 10 centimètres. — Pour terminer, je vais étudier un échantillon

chez lequel se trouvent, dans la radicule et dans l'hypocotyle, des formations secondaires et où la jeune tige, issue de la gemmule, commence à se développer.

La racine principale se compose de deux parties : 1° une portion grêle qui va de la coiffe jusqu'à l'aisselle d'une racine secondaire (de diamètre presque égal à celui de la racine principale); 2° une partie large portant les poils absorbants. Sur la tige, longue de 1^{cm},3 environ, terminée par le bourgeon, se trouvent deux feuilles développées.

Première coupe transversale faite dans la racine principale quelques millimètres au-dessus de la coiffe. — Cette coupe a été placée directement dans la glycérine sur la lame porte-objet.

Assise externe : elle ne comprend que de petites cellules.

Ecorce : Elle a de grandes cellules, allongées radialement, hexagonales; un des angles de l'hexagone est dirigé vers le centre. Dans la seconde assise, les cellules sont plus petites. Les parois radiales alternent avec celles de la première assise. Ces cellules sont pentagonales; un des angles du pentagone est dirigé vers l'extérieur. Cette disposition confère une certaine solidité à l'écorce périphérique. Les trois assises suivantes comprennent des cellules arrondies dont les parois se déchireront bientôt. (J'y reviendrai plus loin.) L'avant-dernière assise et l'endoderme ont des cellules régulières, petites, allongées tangentiellement.

Cylindre central : Il n'offre rien de particulier. Le péricycle a des cellules plus petites et moins allongées que celles de l'endoderme. Les autres tissus sont un parenchyme à très petites cellules, quatre faisceaux ligneux, de deux vaisseaux chacun, placés sur deux diamètres perpendiculaires entre eux et quatre faisceaux libériens.

Deuxième coupe transversale pratiquée 1 centimètre environ plus haut. — A ce niveau, on peut déjà observer la formation de radicelles. L'ensemble des tissus ne diffère guère de ceux de la coupe précédente; mais, à l'intérieur, contre la partie élargie des quatre faisceaux du bois, se trouve un tissu lignifié, à larges éléments polygonaux. On y distingue des cellules ligneuses à parois épaisses et de larges vaisseaux hexagonaux. C'est du bois primaire de seconde formation vers l'extérieur et des cellules médullaires qui se lignifient. Ce tissu tend à envahir l'espace médullaire.

Troisième coupe transversale faite 3 centimètres à peu près au-

dessus de la coiffe. — Dans cette coupe, je retrouve ce que j'ai constaté chez les plantules de *T. Catappa* de même développement, les tissus sont comme gênés dans leur croissance, les colorants réagissent mal. La coupe forme un quadrilatère irrégulier, l'écorce n'offrant que peu de résistance. D'un côté, l'écorce a particulièrement souffert; dans la région correspondante du cylindre central, deux des quatre faisceaux ligneux primaires sont déjetés de côté.

Assise externe : Elle est comme dans la coupe précédente.

Ecorce : La première assise comprend d'énormes cellules à parois minces. Les cinq autres assises, à un niveau plus élevé, seront déchirées selon des lignes radiales. Ici, dans plusieurs points de la coupe, elles sont déformées, comprimées radialement et parfois tangentiellement.

Cylindre central : Le développement du liber a été entravé dans les points où les faisceaux du bois n'occupent pas leur place normale.

Quant au bois, il se compose des quatre faisceaux primaires (protoxylème) et du bois médullaire (métaxylème). Les deux faisceaux bien développés forment une file de quatre vaisseaux (radialement). Les deux faisceaux moins développés n'ont que deux vaisseaux chacun. Le bois médullaire adjacent aux deux faisceaux les plus grands comprend onze cellules et vaisseaux groupés autour de deux énormes vaisseaux polygonaux accolés l'un à l'autre.

C'est ce grand développement du bois primaire de seconde formation qui altère la croissance des autres éléments.

Quatrième coupe transversale pratiquée 1 centimètre plus haut. — L'écorce est détruite, sauf les deux assises externes et l'endoderme. Quelques files de cloisons radiales subsistent encore dans les régions déchirées. Elles relient l'anneau cortical externe au cylindre central. Chez *T. Catappa*, à ce même stade, le manchon cortical disparaît chez certains sujets. Cette décortication ne nuit pas à la nutrition de la plante, à ce niveau, on ne voit pas de poils absorbants, ils sont plus haut.

Cinquième coupe transversale pratiquée 1 centimètre au-dessus.— Ecorce : Elle est en meilleur état que précédemment; ses trois premières assises et parfois même la quatrième ont leurs parois intactes. Les deux suivantes ont encore subi le déchirement total des parois tangentielles et le déchirement partiel des parois radiales.

Le cylindre central s'est développé : son rayon est à peu près égal à la moitié du rayon total. L'assise génératrice libéro-ligneuse a fonctionné; mais le liber, écrasé entre l'écorce et les formations ligneuses, est peu développé.

Sixième coupe transversale faite 1/2 centimètre plus haut, c'est-à-dire juste au-dessous de l'aisselle de la racine principale et de la grosse racine secondaire. — Cette coupe, la dernière que j'aie faite dans la portion grêle de la racine, a la forme d'un ovale irrégulier. Le diamètre du cylindre central est les deux tiers du diamètre total. Ce grand développement du cylindre central a produit un écrasement (aplatissement tangentiel) des cellules de l'écorce.

L'assise pilifère est en partie détruite; à ce niveau elle ne produit pas de poils absorbants. La seconde assise a ses parois légèrement subérifiées. L'écorce est cellulosique; sa première assise est intacte, les autres, même l'endoderme, sont plus ou moins déchirées.

Cylindre central : Le fonctionnement actif de l'assise génératrice libéro-ligneuse a amené l'écrasement du liber primaire. Le liber secondaire a même subi en plusieurs points un aplatissement tangentiel.

Le bois est la partie la plus intéressante de la coupe, c'est le bois secondaire qui, par son grand développement, a nui aux autres tissus. Son développement n'est pas égal partout, en certains points de la coupe, il y a cinq assises, comptées à partir de l'extrémité d'un des quatre faisceaux primaires, en d'autres points sept et neuf assises. Dans la région où ne se trouvent que cinq assises, les rayons médullaires étroits sont plus nombreux. Dans ce bois se rencontrent les éléments normaux du bois secondaire des Combrétacées.

Le bois primaire avec ses quatre faisceaux de première formation et son métaxylème médullaire occupe le centre de la coupe. Il se distingue 1° par la taille de ses éléments, plus grands ou plus petits que ceux du bois secondaire; 2° par la disposition de ses cellules qui ne sont pas en files radiales. Les rayons médullaires secondaires s'arrêtent aux côtés du carré (coupe transversale) formé par le bois primaire.

Parenchyme médullaire : Au centre subsistent parfois encore quatre ou cinq grandes cellules médullaires aux parois cellulosiques flexueuses.

En résumé, dans ces coupes pratiquées dans la partie grêle de

la racine, le bois primaire de seconde formation, puis le bois secondaire, acquièrent un développement souvent irrégulier qui gêne la croissance des autres tissus. Comme il n'y a pas encore de poils absorbants, cela ne nuit pas à la montée de la sève brute.

Portion large de la racine : Première coupe faite à 8 millimètres au-dessus environ de l'aisselle des deux racines (Pl. IX, fig. 19). — Le diamètre de la coupe est plus grand, cela tient 1° à ce que l'assise pilifère n'a pas été détruite (il y a quelques poils absorbants); 2° à ce que l'écorce est plus développée (neuf assises de cellules); 3° à ce que le parenchyme médullaire a augmenté (onze cellules, le long d'un diamètre).

Deuxième coupe transversale pratiquée dans la racine, près du collet. — Cette coupe est la dernière que j'aie faite dans la racine. Elle est presque carrée. Elle porte des poils absorbants; l'écorce a encore des lacunes, mais des bandes radiales, comprenant plusieurs cellules, tangentiellement, relient l'écorce externe à l'écorce interne et permettent la pénétration de la sève brute.

Assise pilifère : Elle est faiblement subérifiée; de nombreuses cellules se développent en poils absorbants.

Ecorce : La seconde assise, la première de l'écorce, a ses parois également subérifiées. Elles sont polygonales, à contenu épais. Les huit autres assises se présentent de la manière suivante : les deuxième, troisième et quatrième ont des cellules régulières, allongées radialement, arrondies, à cloisons transversales alternes. A partir de la sixième assise et jusqu'à l'endoderme, non compris, le tissu cortical est déchiré par places, toujours par suite de la croissance du bois. L'endoderme a des éléments allongés tangentiellement avec de petits épaississements subérifiés.

Cylindre central : Le péricycle se présente comme dans les autres coupes. Le liber primaire est écrasé. Le liber secondaire comprend trois assises de cellules. Le bois secondaire comprend principalement des cellules ligneuses régulièrement disposées et des rayons médullaires, unicellulaires. A l'intérieur, se retrouvent, comme dans les coupes précédentes, les quatre faisceaux de protoxylème et, sur le même arc de cercle, le métaxylème.

La moelle comprend onze assises de cellules arrondies, laissant entre elles de petits méats triangulaires.

C'est donc seulement par la portion élargie de la racine que pénètre la sève montante. Les tissus y prennent une disposition normale.

Hypocotyle. — Première coupe pratiquée environ 1 centimètre au-dessus de la précédente. — A ce niveau, vers la base de la tigelle, la section est presque circulaire.

Assise externe : Les parois ne sont plus subérifiées, mais les plus externes sont cutinisées. Ces cellules sont petites, régulières. Certaines, elles sont assez rares, se sont transformées en poils unicellulaires, entièrement cutinisés.

Ecorce : Elle comprend neuf assises de cellules. Les parois des cellules de la première assise alternent avec celles de l'épiderme. Les autres éléments sont réguliers, arrondis ou polygonaux, avec de petits méats triangulaires aux angles.

Cylindre central : Dans le péricycle, des fibres se sont différenciées. Elles sont disposées par groupes de quatre à huit; leurs parois commencent à se lignifier faiblement.

Le liber primaire comprend deux assises de cellules, assez grandes, peu régulières; le liber secondaire n'a que deux assises, en files radiales.

Le bois secondaire se compose de vaisseaux, de fibres, de parenchyme et de rayons médullaires.

Quant au bois primaire de première formation, il est représenté par quatre groupes de trois à quatre vaisseaux chacun, situés à la limite de la zone périmédullaire. Dans chaque groupe, les vaisseaux sont séparés les uns des autres par une ou plusieurs cellules de parenchyme. Ces vaisseaux se distinguent des éléments secondaires par leur diamètre plus petit, par la forme de leur section, qui est un polygone à plus de quatre côtés (la lumière des éléments du bois secondaire figure, ici, le plus souvent, des quadrilatères) et par la faible lignification de leurs parois.

Parenchyme médullaire : Le parenchyme médullaire contigu à ces vaisseaux de protoxylème comprend de petites cellules polygonales, produites par des divisions cellulaires actives. Ces plages présentent, en certains points, deux assises (radialement). Mais entre ces plages, c'est-à-dire vis-à-vis du liber primaire, s'organisent de petits groupes de liber médullaire. Ils n'existent encore qu'en deux points de la coupe et se composent d'un très petit nombre d'éléments.

Les cellules du parenchyme médullaire proprement dit sont arrondies, de tailles assez irrégulières; les plus grandes au centre. Elles laissent entre elles de nombreux méats triangulaires.

En résumé, dans l'hypocotyle de cette plantule, les formations primaires sont encore nettement visibles; les formations secondaires commencent à se développer. On peut observer les fibres péricycliques à leur début ainsi que la formation du liber médullaire.

Dans une coupe transversale pratiquée 1 centimètre au-dessus, l'écorce contient en moyenne neuf assises de cellules; le reste ne diffère guère de la coupe précédente.

Un centimètre plus haut que la coupe précédente, le liber médullaire s'organise; les plages entre les vaisseaux primaires se multiplient et s'étendent.

Deux centimètres au-dessus de la coupe où l'on voit s'organiser le liber médullaire, la disposition générale change : la section a la forme d'un rectangle à côtés convexes; le cylindre central figure un carré. Dans les deux côtés du carré opposés aux petits côtés du rectangle, les éléments ligneux secondaires ont trois assises, tandis que les deux autres côtés comprennent cinq et six assises. Le liber a partout la même épaisseur.

Les vaisseaux ligneux primaires sont, dans chaque faisceau, disposés radialement, les plus étroits à l'intérieur. A ce niveau, la disposition de la tige est donc établie.

Deuxième coupe transversale pratiquée au niveau des pétioles des cotylédons. — La coupe est ovale. Le cylindre central a la forme d'un octogone (Pl. VIII, fig. 17.)

Epiderme : Il comprend de très petites cellules à parois assez épaisses. On voit quelques rares poils.

Ecorce : L'écorce externe comprend deux assises de petites cellules. L'écorce interne a deux assises de grandes cellules et l'endoderme.

Cylindre central : Le péricycle est formé en grande partie de fibres.

Le manchon ligneux, octogonal, est disposé de la manière suivante : perpendiculairement au grand axe de l'ovale se trouvent deux côtés du polygone plus longs que les autres. Les éléments secondaires y sont disposés par files radiales de quatre. Le liber médullaire contigu forme une bande. Sur le petit axe de l'ovale, les files radiales du bois n'ont que deux à trois éléments ; dans le parenchyme médullaire adjacent, il n'y a pas de liber médullaire.

Cette disposition est, avec de légères modifications, celle que

Turquet[1] indique comme étant la disposition du bois des feuilles opposées. Les côtés où se trouve la bande de liber interne sont ceux des faisceaux caulinaires. Tandis que ceux qui n'ont pas de liber anormal correspondent aux faisceaux foliaires se rendant dans les pétioles des cotylédons.

Tige. — Première coupe transversale pratiquée au milieu de l'entre-nœud qui est au-dessus des cotylédons. — Cette coupe a une forme presque losangique (les diamètres sont très inégaux). L'écorce est très réduite. Le diamètre de l'anneau libéro-ligneux est presque égal à celui de l'écorce, celui du parenchyme médullaire est plus de la moitié du diamètre total. Les tissus sont jeunes ; les réactifs les colorent faiblement.

Epiderme : Les cellules sont petites, allongées tangentiellement. Le nombre des poils augmente.

Écorce : Elle n'a que quatre assises du côté du diamètre le plus court ; sept sur l'autre diamètre.

Cylindre central : Les cellules de l'assise péricyclique sont partagées par de nombreuses cloisons radiales. Leurs parois ont subi un commencement de lignification. Elles se différencieront bientôt en fibres péricycliques.

Le liber a un développement normal.

Les vaisseaux du bois primaire se trouvent groupés surtout aux deux extrémités de la grande diagonale du losange (coupe transversale).

Cette disposition est en somme celle de la coupe précédente. Ce qui en diffère, c'est le liber médullaire : tout autour de la moelle, séparés par une cellule de parenchyme de l'extrémité interne des vaisseaux ligneux, se trouvent des groupes de quatre à six éléments, très petits, formés par des cloisonnements radiaux et tangentiels.

Deuxième coupe transversale pratiquée juste au-dessous du pétiole de la première feuille (Pl. X, fig. 20). Cette coupe a la même forme que celle pratiquée à ce stade et au même niveau, chez *T. Catappa*, la section est un polygone très allongé, à côtés convexes : l'un des grands côtés est beaucoup plus courbe que l'autre.

Ecorce : La bande d'écorce qui longe les grands côtés a quatre assises de cellules, tandis qu'aux deux extrémités il y a huit assises.

1. Turquet, p. 17.

Cylindre central : La disposition du bois est caractéristique dans cette coupe : les faisceaux ligneux se sont groupés en face des deux petits côtés du rectangle. J'en compte douze dans chaque groupe. Tandis qu'au milieu du côté non bombé il n'y a qu'un faisceau et le long du côté convexe trois ou quatre.

C'est la disposition signalée par Turquet[1] chez le *C. cuspidatum*, disposition des Combrétacées à feuilles alternes.

Dans une coupe transversale pratiquée moins d'un millimètre plus haut, cette disposition des faisceaux du bois est encore plus accentuée : les faisceaux ligneux primaires se trouvent aux deux extrémités étroites, quelques-uns seulement au milieu des deux grands côtés. Le reste du manchon ligneux est occupé par un parenchyme faiblement lignifié.

Troisième coupe transversale pratiquée au niveau du pétiole de la première feuille. — On retrouve la même disposition. A chaque extrémité du grand diamètre, dans le manchon ligneux, se voient les douze faisceaux se rendant dans les pétioles de la première et de la deuxième feuille.

Si l'on examine un des faisceaux foliaires, on voit qu'il comprend douze files radiales de deux vaisseaux ligneux, séparées les unes des autres par deux cellules de parenchyme. A l'extérieur d'un de ces faisceaux, l'assise génératrice libéro-ligneuse a produit deux grandes cellules non lignifiées et deux assises de liber secondaire (en file radiale). Le liber primaire est par petits groupes dans le parenchyme externe du cylindre central. Il n'y a pas de liber médullaire.

Les faisceaux caulinaires sont plus réduits ; tangentiellement, ils n'ont que sept éléments pour l'un des faisceaux et un élément pour le faisceau opposé. Le faisceau composé de sept éléments fournira des vaisseaux ligneux à la première feuille du bourgeon terminal[2].

Entre les faisceaux foliaires et les faisceaux caulinaires, l'assise génératrice a produit deux assises de grandes cellules dont les parois ont subi un commencement de lignification.

Dans une coupe transversale pratiquée un peu plus haut, au milieu du parenchyme médullaire, s'organise un cercle de très petites cellules, non différenciées, allongées radialement. Les

1. Turquet, p. 18.
2. Voir p. 69.

faisceaux ligneux des extrémités ne sont plus perpendiculaires, mais parallèles au plan de la coupe.

Plus haut encore, ces tissus se séparent; le cercle médian deviendra ce que j'appellerai la tige sous-gemmulaire. Les faisceaux foliaires et les tissus adjacents constitueront les pétioles des deux premières feuilles. Le faisceau caulinaire le plus large, comme je l'ai déjà indiqué, fournit les éléments libéro-ligneux à la troisième feuille, encore très peu développée.

Une nouvelle coupe montre les pétioles des deux premières feuilles séparés de la partie centrale. Ils sont de diamètres inégaux, les feuilles étant alternes.

Au voisinage de l'aisselle de la première feuille, on voit apparaître des poils glanduleux. Ces poils des Combrétacées sont décrits par Turquet[1].

Quatrième coupe transversale pratiquée entre le pétiole de la deuxième feuille et le bourgeon terminal. — Elle a la forme d'un rectangle très allongé. L'assise externe porte des poils unicellulaires et des poils en écussons.

Ecorce : Elle comprend en tout quatre assises de petites cellules.

Cylindre central : Le manchon ligneux a un diamètre à peu près égal à celui de l'écorce.

Les faisceaux ligneux sont représentés chacun par un seul vaisseau (parfois deux). Ils sont groupés le long des deux petits côtés du rectangle. Tandis que d'un côté il y a sept faisceaux ligneux, de l'autre on n'en voit que deux. Ce sont les faisceaux signalés à propos de la coupe pratiquée au niveau du pétiole de la première feuille. Ils sont purement foliaires ; les faisceaux caulinaires n'existent plus. Ils se rendent dans les pétioles de la troisième et de la quatrième jeune feuille.

Les cellules de la moelle sont serrées, polygonales.

Cinquième coupe transversale pratiquée à la base du pétiole d'un cotylédon. — Je n'ai pas voulu interrompre l'étude de la tige à ses différents niveaux. C'est pourquoi je m'occupe ici seulement du cotylédon.

La coupe a la forme d'un secteur d'un cercle à grand rayon; la portion du rayon comprise dans la figure est courte.

Epiderme : Il porte quelques poils unicellulaires cutinisés.

1. Turquet, p. 49.

Ecorce : Elle est limitée d'un côté par la ligne courbe du secteur, de l'autre par la zone libéro-ligneuse. Elle fait suite à l'écorce de l'hypocotyle. Elle comprend huit assises de cellules. La plus externe a de petits éléments, allongés radialement, réguliers. Les autres sont de plus en plus grands (sauf ceux de l'endoderme), en allant de la périphérie vers le centre, et peu réguliers.

La bande libéro-ligneuse est disposée le long d'un arc de cercle à très grand rayon. Elle comprend trois groupes libéro-ligneux principaux qui se rendront, dès la base de la feuille, dans les trois grandes nervures.

Le liber normal est développé en face des faisceaux ligneux. Ceux-ci ont quatre assises au plus.

La moelle est la continuation du parenchyme médullaire de l'hypocotyle.

CHAPITRE IV

ÉTUDE DU *BARRINGTONIA SPECIOSA* Willd.

Chez les *Terminalia* et chez le *Poivrea Sp.*, l'embryon, à maturité, est un corps cylindrique, la plantule est ramassée sur elle même, les parties délicates étant protégées par la gaine cotylédonaire. Il m'a paru intéressant d'en rapprocher d'autres graines (appartenant aussi à des dialypétales à ovaire adhérent, sans albumen), dont les différentes parties sont encore plus intimement liées entre elles, car les cotylédons semblent ne pas exister. Le rôle de nutrition et de protection des jeunes organes est dévolu à un hypocotyle (j'expliquerai plus loin la valeur anatomique de cet organe).

Parmi les échantillons que j'ai eus à ma disposition, voici quels sont ceux qui ont une graine ainsi constituée : Chez les Myrtacées *Barringtonia speciosa* (de Buitenzorg), semence longue de 3 centimètres environ (Pl. X, fig. 21); *Barringtonia speciosa* (de Buitenzorg), graines arrondies, longues de $5^{cm},5$ ayant un diamètre de $5^{cm},5$ (Pl. XII, fig. 24, graine germée); *Barringtonia speciosa* (de Peradenia, elles n'ont pas germé), graines fusiformes, longues de $5^{cm},5$; *Chydenanthus excelsus*[1] (de Buitenzorg); chez les Rhizophoracées *Bruguiera eriopetala* (de Buitenzorg).

Ici, je me bornerai à étudier les graines de *Barringtonia speciosa*, de petites dimensions.

1. Chez le *Chydenanthus excelsus*, la masse que j'appelle hypocotyle porte, à sa moitié supérieure, plusieurs feuilles écailleuses (quatre dans l'échantillon examiné), charnues, peu développées. J'étudierai plus tard cette germination.

Celles que je possède sont arrivées à Hanoï, en décembre 1912; plusieurs avaient germé pendant le voyage de Java au Tonkin. J'ai semé les autres.

La Graine.

La graine se compose des téguments séminaux et de l'embryon. Elle a la forme d'un fuseau renflé à l'équateur (Pl. X, fig. 21), terminé à une de ses extrémités par un petit cône, reste des tissus floraux. A l'autre bout, se trouve la cicatrice du pédoncule du fruit.

Si on la décortique, on ne voit ni radicule, ni cotylédons, ni gemmule.

Il faut faire une série de sections et les examiner microscopiquement pour comprendre l'organisation de ce corps. Je vais, au préalable, étudier la germination.

La Germination.

Première phase. — Du côté du petit cône floral, c'est-à-dire à l'extrémité de la graine qui est généralement la plus effilée, latéralement, la jeune radicule brise le péricarpe (Pl. X, fig. 21) et s'allonge. Pendant ce temps, à l'autre bout, latéralement aussi, mais du côté opposé, s'organise un tout petit bourgeon qui reste caché sous les téguments séminaux.

Il se compose d'un petit mamelon central, semblable à celui de *Chimonanthus fragrans* figuré par Lignier et de deux très petits mamelons foliaires latéraux.

Si on partage la graine par un plan qui divise la radicule et la gemmule en deux parties égales, on obtient deux demi-graines à peu près symétriques.

La section a la forme d'un secteur de cercle : la gemmule se trouve à une extrémité de la corde, la radicule est à l'autre extrémité, mais sur l'arc limitant la figure.

Deuxième phase. — La racine principale s'allonge et donne naissance à des racines secondaires. La gemmule brise les téguments séminaux et produit une jeune tige (Pl. X, fig. 20). Celle-ci porte, dès sa base, des feuilles écailleuses, petites,

brunes, alternes. Les entre-nœuds sont d'abord très rapprochés, puis plus espacés, puis de nouveau rapprochés au voisinage du sommet. Le bourgeon terminal se trouve entre deux petites feuilles étroites, vertes.

Troisième phase. — La plante grandit rapidement. La racine s'allonge et s'élargit beaucoup. Elle porte de nombreuses radicelles peu développées (Pl. XI, fig. 23). La tige donne naissance à d'abondantes feuilles. Quant à l'hypocotyle, il diminue de volume comme le font, après la germination, tous les organes contenant des réserves nutritives destinées à la plantule. Il n'en garde pas moins ses caractères morphologiques externes, même chez des sujets de plus de six mois, mesurant, racines comprises, près de 40 centimètres.

Souvent, l'hypocotyle donne naissance à deux racines (Pl. XI, fig. 22) d'égal diamètre : sur cinq de mes grands échantillons, trois ont deux racines. L'un des trois porte également deux tiges principales.

Étude anatomique et histologique de l'embryon dans la graine mûre.

Pour bien établir la nature de l'hypocotyle, je commence par pratiquer une section transversale dans la partie médiane.

Première coupe transversale au milieu de l'hypocotyle. — Il est entouré par les téguments séminaux qui persistent et qui constituent une première gaine protectrice. Il se compose :

1° Des assises subéreuses;

2° D'une couche corticale;

3° D'une couronne procambiale (j'emprunte les expressions anatomiques de Lignier), avec faisceaux libéro-ligneux;

4° D'un parenchyme médullaire.

1° Il y a deux assises subéreuses (Pl. XIII, fig. 26), qui forment un second manchon externe. Les cellules sont stratifiées à allongement tangentiel. Les parois sont minces.

2° Couche corticale (Pl. XIII, fig. 26) : Ce parenchyme se compose d'un grand nombre de cellules. Les deux premières assises comprennent des éléments plus petits que les suivantes. Toutes ces cellules sont de taille exiguë, allongées radialement, à parois très minces. Plusieurs d'entre elles sont coupées radialement et

tangentiellement par des cloisons. En général, elles sont bourrées de matières de réserve, entre autres, de grains d'amidon. On rencontre de nombreuses cellules tannifères qui paraissent constituer également des réserves pour la plantule (Pl. XIII, fig. 27, et Pl. XIV, fig. 28).

3° Couronne externe du cylindre central. Cette couronne comprend des plages libéro-ligneuses séparées par des cellules (souvent six à sept files radiales), semblables à celles du parenchyme cortical.

Les plages sont de deux sortes, les plages larges et les plages étroites :

a) Plage large : On y voit du liber primaire, tubes criblés et cel-

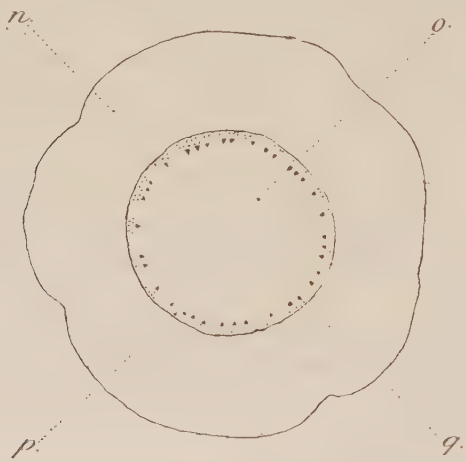

Schéma d'une coupe transversale pratiquée dans la partie médiane de l'hypocotyle d'une graine de *Barringtonia speciosa*. — *n*, parenchyme cortical; *o*, parenchyme médullaire; *p*, liber; *q*, bois.

lules, qui s'insinue entre les cellules corticales et pénètre vers l'extérieur; une assise génératrice libéro-ligneuse qui a produit du liber secondaire en files radiales, vers l'extérieur, et un vaisseau ligneux en face des vaisseaux ligneux primaires ; enfin, les faisceaux de bois primaire qui sont en files radiales de trois vaisseaux, les plus étroits vers le centre, s'insinuant dans le parenchyme médullaire. Dans ces plages larges, les faisceaux ligneux ont parfois une direction légèrement oblique, formant un angle entre eux. Ils sont parfois reliés par du métaxylème.

Les plages étroites ne comprennent qu'un faisceau ligneux et du

liber. Ce faisceau est entouré du côté médullaire par une bordure de petites cellules sur un seul rang; les cellules latérales sont parfois allongées tangentiellement.

4° Parenchyme médullaire (Pl. XIII, fig. 27, et Pl. XIV, fig, 28). Il est très épais et semblable au parenchyme cortical.

Deuxième coupe transversale passant par la radicule. — Une coupe transversale passant par la jeune radicule se présente de la manière suivante : la section est ovale, elle est occupée par des cellules tannifères et par des cellules contenant de l'amidon, sans différenciation. Un peu à l'intérieur d'une extrémité du grand axe de l'ovale s'organise un petit cercle d'éléments exigus; aux cellules amylifères et tannifères, fait suite un parenchyme composé de cellules rectangulaires à allongement tangentiel, disposées en files radiales et en couronnes concentriques très régulières; elles constitueront l'écorce de la radicule.

La zone procambiale est ainsi constituée : la première assise comprend des cellules arrondies, à nombreux cloisonnements radiaux, elles formeront le péricycle. Le reste de la couronne a des éléments très petits, polygonaux.

Le parenchyme médullaire a également des cellules polygonales, un peu plus grandes et moins régulières.

Troisième coupe transversale passant par la gemmule. — La section de ces coupes est ovale; à une des extrémités du grand axe se trouve un renflement, c'est la gemmule. On ne voit dans toute la coupe que des cellules polygonales petites et de nombreuses cellules tannifères, aucune différenciation.

Résumé : De ces coupes et d'autres sections transversales faites dans des régions intermédiaires, je conclus que le cylindre libéro-ligneux est différencié dans tout l'hypocotyle, sauf aux deux extrémités.

La radicule est organisée, mais elle ne contient aucun élément libéro-ligneux; la gemmule existe morphologiquement, il n'y a cependant aucune différenciation histologique.

Il me semble nécessaire de discuter ici le terme hypocotyle que j'emploie pour désigner le corps qui, dans la graine mûre, constitue, macroscopiquement tout au moins, à lui seul l'embryon. Si l'on se reporte à la page 74, on voit que les faisceaux libéro-ligneux, à ce stade, ont la structure tige; à ce moment-là, on ne rencontre pas d'autre disposition vasculaire dans l'embryon. J'expliquerai plus loin que, pendant la germination, le passage

de la structure tige à la structure racine s'établit près du point où la radicule sort du corps embryonnaire. C'est donc là, anatomiquement, le véritable hypocotyle. Le reste de l'axe a, à mon avis, la valeur de cotylédon[1]; il joue le même rôle nourricier, et ses faisceaux libéro-ligneux ont une disposition anatomique analogue. Mais, si l'on se contente de dire, pour définir l'hypocotyle, que c'est le membre de la plante qui unit la racine à la tige, ce terme peut convenir à l'ensemble du corps embryonnaire de *Barringtonia speciosa*.

Etude anatomique et histologique de l'embryon pendant la germination.

Structure d'une jeune plante chez laquelle la gemmule n'étant pas développée, la radicule mesure $1^{cm},5$ (Pl. X, fig. 21). — 1° *Section transversale au milieu de l'hypocotyle.* — On ne constate pas de différence avec les mêmes tissus de la graine germée.

2° *Section dans la région de la radicule.* — Pour bien comprendre, il faut pratiquer une coupe transversale dans l'hypocotyle; on y verra la partie supérieure de la radicule en coupe longitudinale, puis faire une coupe longitudinale où ces mêmes tissus se présenteront en section transversale. Ce qui revient à dire que, dans la partie inférieure de la tigelle, les faisceaux libéro-ligneux se courbent presque perpendiculairement à l'axe du corps embryonnaire.

Coupe transversale : Elle se compose de deux troncs de cônes réunis par une portion rétrécie qui se recourbe. Ces deux troncs de cônes sont d'inégales dimensions : le grand est la base de l'hypocotyle; il porte latéralement deux petits renflements; le petit est formé de la partie supérieure de la radicule; leurs axes forment un angle peu obtus. Les faisceaux libéro-ligneux de l'hypocotyle se réunissent en un cône, passent par la portion rétrécie et se répartissent dans la radicule en six faisceaux alternes. Mais les choses ont besoin d'être vues de plus près. Pour savoir exactement en quelles régions s'établit le passage de la structure opposée à la structure alterne, il faut examiner les

1. Chez *Bruguiera eriopetala* que j'ai également étudié, les faisceaux libéro-ligneux du corps embryonnaire présentent aussi la structure tige.

coupes longitudinales où les vaisseaux se présentent en section transversale. Dans une coupe pratiquée vers le sommet du cône libéro-ligneux, on peut constater qu'un petit nombre de faisceaux du bois ont tourné sur eux-mêmes de 90 degrés; le faisceau est alors perpendiculaire au faisceau libérien qui lui était opposé. La rotation de 180 degrés s'achève à l'extrémité de la portion rétrécie.

Structure de la jeune racine. — *Coupe transversale pratiquée à 6 ou 7 millimètres au-dessus de la coiffe.* — *a*) Assise pilifère : Elle a des cellules grandes, lâches, allongées radialement.

b) Ecorce : L'écorce externe présente quatre ou cinq assises, suivant les points de la coupe, de cellules petites et de cellules moyennes peu régulières.

L'écorce interne se compose de huit assises. Sept de ces assises sont en files radiales et en couronnes concentriques très régulières, ce qui implique une diminution de volume de la périphérie au centre. La huitième assise, l'endoderme, a des cellules ovales, allongées tangentiellement.

Cylindre central. Il se compose :

a) D'une assise péricyclique dont les cellules sont assez semblables à celles de l'endoderme;

b) De six plages libériennes disposées contre le péricycle. Chaque plage est entourée du côté médullaire par un demi-cercle de trois assises de cellules.

c) Entre deux vaisseaux libériens, dans la quatrième assise du cylindre central, se trouve un vaisseau ligneux (six dans toute la coupe), à parois peu différenciées.

d) Les rayons médullaires primaires ne se composent que d'une seule cellule (tangentiellement) isodiamétrique.

e) Le parenchyme médullaire présente, au centre de la coupe, des cellules de taille moyenne, triangulaires ou losangiques, terminées en pointes. Souvent, une de ces pointes s'appuie contre la paroi d'une cellule voisine, et y produit une légère dépression.

Dans une coupe transversale, pratiquée un demi-centimètre environ plus haut, les six faisceaux du bois sont plus développés. Ils se présentent par files radiales de deux, trois et même quatre vaisseaux, comprenant presque toujours deux vaisseaux, tangentiellement.

Une coupe perpendiculaire à l'axe de la racine, faite à l'aisselle de la racine et de l'hypocotyle, montre que dans cette région, les six faisceaux ligneux sont disposés longitudinalement.

Gemmule : Elle est toujours sous les téguments de la graine. Elle se compose, à ce stade, d'un petit mamelon, semblable à celui que décrit Lignier[1]. Il est recouvert par deux petites lames foliaires, comprises elles-mêmes entre deux petites protubérances foliaires, l'une plus développée que l'autre. A la feuille supérieure, s'arrête un faisceau de tissu procambial.

A un stade de développement plus avancé, de ce faisceau se détacheront des vaisseaux se rendant aux deux feuilles supé-

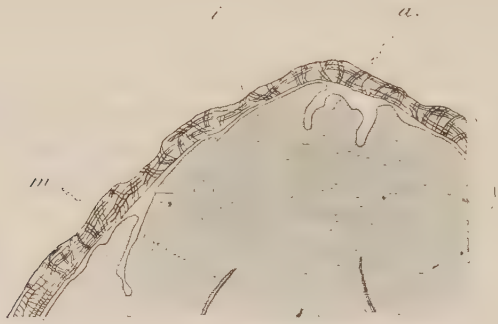

Schéma d'une coupe longitudinale pratiquée dans la région gemmulaire d'un embryon de *Barringtonia speciosa*. Dans cet embryon, la radicule mesure 1cm,5, la gemmule n'a pas encore déchiré le péricarpe. — *a*, gemmule ; *i*, péricarpe ; *m*, procambium.

rieures, un faisceau symétrique donnera leurs éléments libéro-ligneux aux deux feuilles inférieures.

Résumé : Dans cette jeune plante, les tissus de l'hypocotyle ne se modifient pas. Des faisceaux libéro-ligneux, à position intermédiaire entre la structure tige et la structure racine, occupent la partie inférieure de la grande région, qui ne contenait pas d'éléments vasculaires dans l'embryon non germé. La radicule se développe. Quant à la gemmule, elle est entourée de quatre petits mamelons foliaires ; les éléments procambiaux arrivent seulement à la base de ces mamelons.

1. *Arch. bot. nord France*, mai-août 1886.

Structure d'une jeune plante de 5 à 6 centimètres.

Elle porte, à sa partie supérieure, une petite gemmule formée de quelques feuilles qui se recouvrent.

Maintenant que la structure générale est connue, je n'ai pas besoin d'examiner spécialement l'hypocotyle, aussi vais-je, comme pour les Combrétacées, commencer mon étude par l'extrémité inférieure de la racine.

Racine. — Première coupe transversale, pratiquée près de la coiffe (Pl. XIV, fig. 29). — *a*) Assise pilifère. Elle est recouverte, extérieurement, par la coiffe.

b) Ecorce : L'écorce externe comprend, à ce niveau, deux assises de cellules allongées radialement, présentant de nombreux cloisonnements radiaux. L'écorce interne se compose de treize assises de cellules, semblables à celles que j'ai décrites page 77.

c) Cylindre central : Le péricycle a déjà été décrit. Contre cette assise, on voit six tubes criblés, à différenciation nacrée. En un point de la coupe, il y en a deux, accolés l'un à l'autre. Ils sont bordés à l'intérieur par quatre cellules, les deux latérales ont la forme de trapèzes, ayant leurs petites bases tournées vers le tube criblé; ils forment, ainsi, un demi-anneau bien fermé. Plus haut, cette demi-couronne s'augmentera de nouvelles assises. Dans l'espace qui sépare deux tubes criblés, se trouve une assise de petites cellules non différenciées.

d) Parenchyme médullaire : Il est semblable à celui que j'ai décrit plus haut.

Deuxième coupe transversale, pratiquée au milieu de la racine. — *a*) Assise pilifère, son revêtement extérieur est moins épais.

b) Ecorce : L'écorce interne n'a plus les éléments rectangulaires si caractéristiques chez les coupes des tissus jeunes. Les cellules se sont arrondies, mais elles sont toujours en files radiales.

c) Cylindre central : Le péricycle présente deux assises au lieu d'une. Le liber forme six îlots alternes avec les faisceaux du bois. Ceux-ci se composent de six faisceaux, dont l'extrémité externe n'atteint pas le péricycle.

d) Parenchyme médullaire : On n'y voit plus de cellules *pointues*, elles sont pentagonales.

Troisième coupe transversale, pratiquée tout à fait à la partie supérieure de la racine (Pl. XV, fig. 30.) — *a*) Ecorce : Les cellules sont de plus en plus arrondies. Dans les quatre avant-dernières assises de l'écorce interne, elles forment, en certains points, des files radiales, séparées par des lacunes radiales.

L'endoderme est envahi par des cellules tannifères, qui constituent une couronne presque complète.

b) Cylindre central : Le péricycle n'offre rien de particulier. Les six plages libériennes se sont accrues latéralement par du métaphloème. L'assise génératrice libéro-ligneuse est constituée; elle a déjà produit du liber et du bois secondaires. Les faisceaux ligneux primaires sont augmentés de métaxylème.

c) Parenchyme médullaire : La plupart de ses cellules sont différenciées en fibres larges, à parois épaisses (Pl. XV, fig. 30).

Quatrième coupe transversale, pratiquée au milieu de l'hypocotyle. — Comme précédemment, on n'observe, dans ce membre de la plante, aucune modification appréciable.

Gemmule. — Première coupe transversale pratiquée à l'aisselle de l'hypocotyle et de la gemmule. — Cette coupe montre les faisceaux hypocotylaires se rendant obliquement dans la gemmule.

Deuxième coupe transversale pratiquée 2 millimètres plus haut (Pl. XV, fig. 31). — Il est impossible, pour un organe aussi court, de décider si l'on va pratiquer une coupe dans un nœud ou dans un entre-nœud. Ici la section est ovale.

a) Epiderme: Il se compose de petites cellules allongées radialement, à nombreux cloisonnements radiaux ; plusieurs sont tannifères.

b) Ecorce: Elle comprend une douzaine d'assises de cellules rondes peu régulières. L'endoderme a des éléments très irréguliers.

c) Cylindre central : Il figure à peu près un losange. Le long des quatre côtés se trouvent des faisceaux libéro-ligneux ; ils laissent entre eux aux angles un large espace dans lequel des cellules larges et arrondies ont une direction radiale centripète. Tout à l'extérieur vers une extrémité du grand axe de l'ovale, on voit en formation un tout petit corps avec des cellules extrêmement exiguës bourrées de granulations vertes, il est entouré par deux petites lames foliaires, c'est l'ébauche d'un bourgeon.

Opposés aux autres angles se formeront aussi, mais à des niveaux différents, quatre autres petits bourgeons. Ce sont les bourgeons des écailles dont j'ai parlé plus haut.

Quant aux faisceaux libéro-ligneux, ils sont répartis surtout dans la moitié de la coupe qui n'est pas adjacente au petit bourgeon. On en compte là six de chaque côté. Tandis qu'aux côtés adjacents au bourgeon, il n'y en a que quatre généralement peu développés.

Un faisceau libéro-ligneux comprend un tube criblé, une file radiale de cellules rectangulaires, allongées tangentiellement et une file variant d'un à trois vaisseaux ligneux.

Parenchyme médullaire : Il a des cellules petites, polygonales.

Troisième coupe transversale pratiquée dans la gemmule à 2 millimètres environ du sommet. — *a*) Epiderme : Les cellules ont la même forme que dans la coupe précédente et sont convexes à l'extérieur.

b) Ecorce : Elle présente douze assises de cellules, quatre dans l'écorce externe. Les cellules polygonales sont allongées radialement, tandis que dans l'écorce interne elles sont isodiamétriques.

L'endoderme a des cellules petites, ovales, contenant des granulations.

c) Cylindre central : Il a la même forme que dans la coupe précédente. Mais des faisceaux obliques extérieurement à l'un des angles ont pris une direction centripète. Ils se rendent plus haut à la base d'un pétiole.

En résumé, dans la gemmule, il y a quatre ouvertures entre les faisceaux libéro-ligneux et à chaque nœud, quelques faisceaux des côtés adjacents forment une lame vasculaire foliaire qui prend une direction centripète.

Conclusion. — Chez l'hypocotyle de *Barringtonia speciosa*, les formations libéro-ligneuses primaires sont très développées, alors qu'aucun tissu n'est différencié dans la radicule et dans la gemmule. Pendant la germination aux extrémités se forment de nouveaux vaisseaux ; ceux du côté radiculaire se plient et se tournent ; ceux du côté gemmulaire prennent seulement une direction oblique.

Aucune formation nouvelle ne vient augmenter le diamètre de l'hypocotyle, qui ne se comporte pas, je le répète, comme un hypocotyle ordinaire, mais comme un organe spécial auquel est dévolue une partie des fonctions des cotylédons.

CONCLUSIONS

J'ai étudié en fait de Combrétacées, le *Terminalia Catappa*, le *Terminalia Chebula*, le *Poivrea sp.* (n° XVIII B. 57 du catalogue du Jardin botanique de Buitenzorg) et une Barringtoniée, le *Barringtonia speciosa.*

En consultant la bibliographie, je n'ai pu trouver aucune trace d'étude morphologique et anatomique méthodique sur les germinations des trois Combrétacées en question. Quant au *Barringtonia*, à ma connaissance, il n'existe qu'un travail sommaire sur l'anatomie du genre dans un ouvrage de Lignier.

Au point de vue morphologique, les germinations de ces plantes sont particulièrement intéressantes.

Chez les trois Combrétacées étudiées, l'hypocotyle ne se développe guère qu'en épaisseur, tandis que la radicule s'allonge beaucoup. Chez le *T. Catappa*, entre autres, une plante de 10 à 11 centimètres de long a une tigelle de 2 centimètres environ. Les cotylédons, enroulés l'un sur l'autre, protègent la gemmule pendant très longtemps. Chez le *Poivrea sp.*, les cotylédons sont foliacés et c'est le péricarpe qui joué ce rôle de protection en enveloppant les cotylédons eux-mêmes.

Le *Barringtonia speciosa* présente un type de germination tout à fait curieux, analogue à ce que J. Lubbock et quelques auteurs[1] ont signalé chez d'autres genres de Myrtacées. On a admis que ces graines sans albumen de dicotylédones n'ont pas de cotylédons. Quand la semence germe, elle donne à une extrémité une radicule, à l'autre une gemmule. La portion massive comprise entre les deux ne s'allonge pas. Une coupe transversale pratiquée

1. Tristan : *Arch. de Bot.*, t. II, 1833, p. 512. — Baillon : *Dict. de Bot.*, t. II, p. 729. — Watson : *Annals of Botany*, 1901, p. 99. — J. Lubbock : *On seedlings*, p. 542. — Dupetit-Thouars : *Germination du Lecythis ollaria*, p. 32.

en son milieu montre une structure tige caractéristique. Si nous considérons cet organe difficile à interpréter comme un hypocotyle, nous trouvons ici une exagération de ce qui a été observé chez les Combrétacées, l'hypocotyle au lieu de s'allonger peu ne s'allonge plus du tout.

Étude anatomique.

En faisant l'étude anatomique de ces quatre plantes, j'ai signalé un certain nombre de faits.

Dans une plantule de *T. Catappa*, longue de $8^{cm},5$, le diamètre de la base de l'hypocotyle est de 5 millimètres, tandis que celui de la portion adjacente de la racine n'est que de 2 millimètres. Or, le nombre des assises cellulaires ne diminue guère de l'hypocotyle inférieur à la racine supérieure. Si l'on compare des coupes transversales pratiquées dans ces deux organes, on voit que la longueur et la largeur de chaque cellule est beaucoup plus considérable dans le premier que dans le second[1]; cette différence n'existait pas avant la germination.

On peut signaler le même fait, moins exagéré, chez le *T. Chebula* : pour un embryon long de $4^{cm},5$, le diamètre inférieur de l'hypocotyle est 3 millimètres et celui de la racine supérieure de $1^{mm},5$ à 2 millimètres. Donc, tandis que le méristème radiculaire fonctionne activement, les cellules de l'hypocotyle ne se divisent guère, mais chacune d'elles a une hypertrophie relative.

Chez les trois Combrétacées, l'hypocotyle aux premiers stades reste dans le moule formé par le péricarpe : le *T. Catappa*, dont la graine est à parois ligneuses et épaisses présente un type anatomique accentué; ces caractères sont atténués chez le *T. Chebula* qui a les parois de son péricarpe plus minces. Chez le *Poivrea Sp.*, dont la samare forme au jeune hypocotyle une gaine en partie membraneuse, relativement souple, l'embryon a un développement anatomique plus normal.

La racine chez le *T. Catappa* et chez le *T. Chebula* possède six faisceaux ligneux; on n'en observe que quatre chez le *Poivrea Sp.*

Les tubes criblés du liber, au début, sont dans la radicule de ces Combrétacées en nombre double de celui des vaisseaux du

1. Par exemple, cellules du parenchyme médullaire : racine environ 46 μ; portion adjacente de l'hypocotyle environ 92 μ.

bois. Comme le métaphloème se développe en plus grande abondance que le métaxylème, dans les coupes faites au moment où se différencie l'assise génératrice libéro-ligneuse, les formations libériennes sont beaucoup plus considérables que les formations ligneuses.

Les fibres libériennes, au commencement de leur différenciation, constituent dans la racine un arc vis-à-vis de chaque faisceau de liber primaire; il y a donc six arcs chez le *T. Catappa* et chez le *T. Chebula* et quatre chez le *Poivrea Sp.*

Les faisceaux primaires passent entièrement dans les pétioles des cotylédons; à savoir trois faisceaux dans chaque pétiole chez le *T. Catappa* et chez le *T. Chebula*, trois également chez le *Poivrea Sp.* (la racine n'en a que quatre).

La radicule mince s'insère latéralement, après la germination à la base du cylindre massif formé par l'hypocotyle chez le *T. Catappa*, le *T. Chebula* et le *Barringtonia speciosa*. Cet hypocotyle, dont les cellules sont bourrées de matières nutritives, a une indépendance cellulaire poussée au maximum chez le *Barringtonia Speciosa*.

Chez ce dernier (à graines sans albumen comme les Combrétacées) la différenciation cellulaire de la radicule, puis de la gemmule se fait au moment de la germination et dans les tissus mêmes de l'hypocotyle.

Dans la jeune racine, on voit se former six tubes criblés auxquels correspondront bientôt six faisceaux ligneux. Le passage de la structure tige à la structure racine s'effectue seulement dans la partie de l'hypocotyle adjacente à l'aisselle de la radicule.

La jeune tige ne contient au début que peu d'éléments ligneux. Elle fournit des faisceaux caulinaires (quatre vaisseaux ligneux par feuille) aux nombreuses feuilles écailleuses auxquelles elle donne naissance.

BIBLIOGRAPHIE

BRANDIS : Combretaceæ in Engler und Prantl. *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, t. III, 7, p. 106-130.

CANDOLLE (DE). — Mémoire sur la famille des Combrétacées. Genève, 1828.

HEIDEN. — Anatomische charakteristik der Combretaceen. Dissertation. Erlangen, 1892.

HOLTERMANN. — Anatomie der Combretaceen. Dissertation. Bonn, 1893.

HURRIER : Matière médicale et pharmacopée sino-annamites. *Thèse doctorat pharmacie*. Paris, 1907.

LANESSAN (DE). Les plantes utiles des colonies françaises. Paris, 1886.

LEFÈVRE — Contribution à l'étude anatomique et pharmacologique des Combrétacées. *Thèse doctorat pharmacie*. Paris, 1905.

LIGNIER. — Recherches sur l'anatomie comparée des Calycanthées, des Mélastomacées et des Myrtacées. *Archives Botaniques du Nord de la France*, t. IV (1886-1887), p. 1-459.

LIGNIER. — Recherches sur l'anatomie des organes végétatifs des Lecythidées, des Napoléonées et des Barringtoniées (Lécythidacées). *Bull. scient. France Belgique*, t. XXI, 1890, p. 291-420.

LUBBOCK (JOHN). — A contribution to our knowledge of seedlings. Londres, 2 vol., 1892.

POUCHAT. — *Bulletin de l'Instruction publique de l'Indochine*, t. I, n° 10, décembre 1908.

STUHLMANN. — Beiträge zur kulturgeschichte von Ost Afrika. *Deutsch Ost Afrika*, t. X, Berlin, 1909.

TURQUET. — Recherches anatomiques sur les Combretum africains. *Thèse doctorat ès-sciences*. Paris, 1910.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I :

FIG. 1. — Les deux valves d'un péricarpe de *Terminalia Catappa*. La valve de droite contient un embryon en place, après la germination.

FIG. 2. — Embryon de *T. Catappa* avant la séparation des valves. Les parties supérieures de la jeune plante sont encore protégées par le péricarpe.

FIG. 3. — Embryon de *T. Catappa* après la chute du péricarpe et avant le déroulement des cotylédons. L'angle de la racine, celui de l'hypocotyle et de la racine et celui de la partie supérieure de l'hypocotyle sont bien marqués. La partie inférieure de la racine est décortiquée, ce qui se produit très souvent. L'insertion latérale de la racine dans l'hypocotyle ainsi que l'*éperon* de la base de la tigelle sont nets.

PLANCHE II :

FIG. 4. — Fragment d'une coupe transversale pratiquée dans l'hypocotyle de l'embryon de *T. Catappa* avant la germination. Epiderme. Parenchyme cortical. Procambium. Dans un angle rentrant, à gauche, on voit un vaisseau ligneux. Parenchyme médullaire. La coupe est peu nette parce que les parenchymes sont bourrés de matières de réserve. G = 75.

FIG. 5. — Portion d'une coupe transversale faite au milieu de l'hypocotyle d'un embryon de *T. Catappa* ayant environ 9 centimètres de long. Parenchyme cortical, endoderme et péricycle; le péricycle est, en allant de l'intérieur vers l'extérieur, la dernière assise de petites cellules et l'endoderme la première assise de cellules de taille moyenne; à droite de la coupe on les distingue facilement. L'assise génératrice libéro-ligneuse a déjà fonctionné. A gauche de la coupe, on voit des faisceaux de protoxylème qui ont une direction tangentielle et du métaxylème. Parenchyme médullaire. G = 75.

PLANCHE III :

FIG. 6. — Les deux valves d'un péricarpe de *Terminalia Chebula*. La valve de droite contient un embryon en place, après la germination.

FIG. 7. — Portion d'une coupe transversale faite au sommet de la radicule d'un embryon de *T. Catappa* mesurant environ 9 centimètres de long. Endoderme avec épaississements radiaux cutinisés. Manchon externe du cylindre central : péricycle, liber primaire écrasé; liber secondaire, arcs de fibres libériennes, liber, assise génératrice libéro-ligneuse; bois secondaire : larges vaisseaux, rayons médullaires étroits, etc.; bois primaire à l'intérieur : faisceaux obliques. Parenchyme médullaire. G = 125.

PLANCHE IV :

FIG. 8. — Embryon de *T. Chebula* après sa sortie du péricarpe et avant le déroulement des cotylédons. L'angle de la racine et de l'hypocotyle, celui de l'hypocotyle, et du cylindre cotylédonaire sont nets, ainsi que l'insertion latérale de la racine à l'extrémité de l'hypocotyle.

FIG. 9. — Coupe transversale faite à l'extrémité supérieure de l'hypocotyle d'un embryon non germé de *T. Chebula*. Epiderme. Ecorce, endoderme. Manchon externe du cylindre central : péricycle, parenchyme procambial, les tubes criblés forment quatre groupes le long de deux côtés opposés du polygone, sous le péricycle; trois faisceaux ligneux dans les mêmes régions bordent le parenchyme médullaire.

PLANCHE V :

FIG. 10. — Coupe transversale pratiquée dans l'hypocotyle (au niveau des cotylédons) d'une plantule de *T. Chebula* semblable à celle de la figure 6. Au haut de la coupe on voit la base du pétiole d'un cotylédon. Le long des petits côtés du cylindre central à chaque extrémité sont trois faisceaux libéro-ligneux se rendant dans les cotylédons.

FIG. 11. — Coupe transversale faite dans la radicule d'une plantule de *T. Chebula* mesurant environ 6 centimètres, cotylédons compris. Voir l'explication de la figure 12; cette coupe en diffère surtout par l'absence de métaphloème et de métaxylème. G = 100.

PLANCHE VI :

FIG. 12. — Coupe transversale faite dans la même radicule que la figure 11, mais plus haut. Assise pilifère avec quelques poils absorbants. Ecorce; l'endoderme est la première assise de petites cellules. Manchon externe du cylindre central : péricycle; six îlots de liber primaire forment des courbes convexes à l'extérieur; six faisceaux ligneux alternent avec ce liber; autour de la moelle, la couronne de métaxylème est en partie formée. Parenchyme médullaire.

FIG. 13. — Coupe transversale pratiquée dans l'hypocotyle d'un embryon de *T. Chebula* au stade où la partie supérieure de la plantule est encore dans le moule du péricarpe (fig. 6). Epiderme avec poils unicellulaires. Ecorce, endoderme à cellules polygonales de taille moyenne. Manchon externe du cylindre central, péricycle à très petites cellules; îlots de liber primaire; faisceaux de bois primaire à direction tangentielle. Parenchyme médullaire.

PLANCHE VII :

FIG. 14. — Coupe transversale faite dans l'hypocotyle de la même plantule que la figure 10 de *T. Chebula*. Parenchyme cortical interne, endoderme. Manchon externe du cylindre central : péricyle; îlots libériens, métaphloème développé; assise génératrice libéro-ligneuse; faisceaux ligneux étalés, disposés tangentiellement. Parenchyme médullaire. G = 175.

FIG. 15. — Semences et plantules de *Poivrea Sp.* A gauche, en allant du haut vers le bas, deux semences non germées, le pédoncule du fruit est à la partie inférieure; le troisième échantillon est une graine en train de germer, la partie supérieure de l'hypocotyle et les cotylédons sont sortis par une des

extrémités de la gaine, la radicule fait saillie par l'autre extrémité. A droite, en haut, la radicule sort par l'extrémité supérieure du fruit. Au-dessous, la radicule sort à droite du fuseau ovarien, au milieu d'une aile. En bas, jeune plantule; les cotylédons sont épanouis.

Planche VIII :

Fig. 16. — Jeune plante de *Poivrea Sp.* Les cotylédons persistent; la jeune tige s'est allongée.

Fig. 17. — Coupe transversale pratiquée dans l'hypocotyle d'une jeune plante de *Poivrea Sp.*, longue de dix à onze centimètres, au niveau des pétioles des cotylédons. Epiderme avec quelques poils unicellulaires. Ecorce : l'endoderme est peu net. Manchon externe du cylindre central : péricycle, les parois, encore minces, sont faiblement lignifiées, liber primaire et secondaire, bois secondaire; à l'intérieur, le bois primaire, faisceaux obliques et le liber médullaire. Parenchyme médullaire. Les faisceaux libéro-ligneux sont moins longs aux deux angles du manchon libéro-ligneux, c'est-à-dire en haut et en bas, en face de ces angles, il n'y a pas de liber médullaire. Parenchyme médullaire, des méats triangulaires. G = 75.

Planche IX :

Fig. 18. — Coupe transversale d'un des angles d'un péricarpe de *Poivrea Sp.* Les tissus externes et internes sont en partie détruits; il ne reste guère que l'armature de fibres. A gauche, base de l'aile : des fibres transversales et un parenchyme médian. La lumière de la cavité ovarienne est limitée par un parenchyme en voie de destruction par les fibres longitudinales, vues en section transversales, et par les fibres transversales. G = 125.

Fig. 19. — Coupe transversale faite au haut de la racine d'une jeune plante de *Poivrea Sp.*, longue de dix à onze centimètres. L'écorce a de grandes lacunes. Le liber primaire est écrasé. Le bois secondaire est bien développé. Le bois primaire est assez visible à l'intérieur de l'anneau libéro-ligneux. G = 60.

Planche X :

Fig. 20. — Fragment d'une coupe transversale faite dans la même plante que la fig. 17, au niveau du premier nœud de la jeune tige; une des extrémités de la coupe avec des faisceaux libéro-ligneux qui passent à l'entre-nœud suivant. En haut de la coupe, on voit une bande de péricycle avec ses cloisonnements radiaux. L'assise génératrice libéro-ligneuse est bien marquée. A l'intérieur, dans le parenchyme médullaire, des plages de liber interne. G = 300.

Fig. 21. — A gauche, petite graine de *Barringtonia speciosa* non germée. A droite, la graine a germé, la radicule seule est développée.

Planche XI :

Fig. 22. — Plantule de *Barringtonia speciosa* : elle porte deux longues racines et une jeune tige qui n'a encore que des feuilles écailleuses.

Fig. 23. — Plante plus développée, l'hypocotyle porte à une des extrémités deux fortes racines, à l'autre extrémité une racine adventive grêle et la tige qui, au-dessus de la région des feuilles primordiales, a donné naissance à de vraies feuilles.

Planche XII :

Fig. 24. — Grosse graine germée de *Barringtonia speciosa* (Buitenzorg) ; un faisceau de jeunes racines se voit à une extrémité, la gemmule n'est pas développée. Le côté gauche de l'hypocotyle est encore muni des fibres longitudinales protectrices.

Fig. 25. — Plante plus avancée, le faisceau de racines s'est augmenté ; une épaisse tige portant à la base des feuilles écailleuses a poussé.

Planche XIII :

Fig. 26. — Coupe transversale pratiquée au milieu de l'hypocotyle d'une petite graine de *Barringtonia speciosa*, dans l'écorce. A gauche, tégument de la graine ; assises subéreuses. Le reste est le parenchyme cortical. G = 100.

Fig. 27. — Suite de la coupe de la fig. 24 ; parenchyme cortical, couronne libéro-ligneuse, parenchyme médullaire. Les parenchymes cortical et médullaire sont bourrés de grains d'amidon. Nombreuses cellules tannifères. G = 40.

Planche XIV :

Fig. 28. — Même coupe, un faisceau libéro-ligneux est vu à un plus fort grossissement. Cellules tannifères dans l'écorce et dans la moelle. Le liber primaire s'insinue entre les cellules du parenchyme cortical. Faisceaux ligneux de trois vaisseaux. G = 175.

Fig. 29. — Coupe transversale faite à l'extrémité inférieure de la racine d'un embryon de *Barringtonia speciosa*, mesurant en tout cinq à six centimètres. Coiffe. Assise pilifère. Tissu cortical avec petits méats quadrilatères ; endoderme. Manchon externe du cylindre central : péricycle, deux assises de tissu procambial ; entre la première assise et le péricycle s'insinuent six tubes criblés (il y en a un double) à différenciation nacrée. Parenchyme médullaire. G = 70.

Planche XV :

Fig. 30. — Coupe transversale faite dans la même plante à l'extrémité supérieure de la radicule. Parenchyme cortical avec des lacunes ; endoderme. Manchon externe du cylindre central : péricycle, six îlots de liber primaire, doublé de liber secondaire ; six faisceaux de bois primaire avec bois secondaire et métaxylème. Presque tout le parenchyme médullaire est différencié en fibres larges à parois épaisses. G = 70.

Fig. 31. — Coupe transversale faite dans la même plante au milieu de la gemmule. Dans deux portions de la coupe, on voit des faisceaux libéro-ligneux qui se rendent dans des écailles foliaires. Les cellules épidermiques ont la forme caractéristique des cellules des Barringtoniées. G = 60.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION V

CHAPITRE PREMIER

Etude du *T. Catappa* 1

PREMIÈRE PARTIE : *Études des premières phases du développement* . . . 1

Le fruit 1

La germination. 2

Étude anatomique et histologique de l'embryon avant la germation. 4

Étude anatomique et histologique de l'embryon pendant la germination. 6

DEUXIÈME PARTIE : *Étude des différents organes du* T. Catappa 20

Étude de la fleur. 20

Étude d'un rameau foliaire et d'un bourgeon. 26

CHAPITRE II

Etude du *T. Chebula* 31

Le fruit 31

La germination. 32

Étude anatomique et histologique de l'embryon dans la graine mûre 32

Étude anatomique et histologique de l'embryon pendant la germination. 35

CHAPITRE III

Etude du *Poivrea Sp* 41

Le fruit 41

La germination 46

Étude anatomique et histologique de la graine avant la germination 48

Étude anatomique et histologique de l'embryon pendant la germination 54

CHAPITRE IV

Etude du *Barringtonia speciosa* 71
La graine et la germination 72
Étude anatomique et histologique de l'embryon dans la graine mûre 73
Etude anatomique et histologique de l'embryon pendant la germination 76

CONCLUSIONS 83
BIBLIOGRAPHIE. 87
EXPLICATION DES PLANCHES 89
TABLE DES MATIÈRES 93

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

Question de Géographie physique. — Le ruissellement, ses causes et ses effets.

Question de Physiologie. — Digestion des hydrates de Carbone chez les Mammifères.

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 18 juillet 1914.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

Paul APPEL

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

L. LIARD.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette. — 14363.

PLANCHES

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

A. Colani, phot.

Fig. 4.

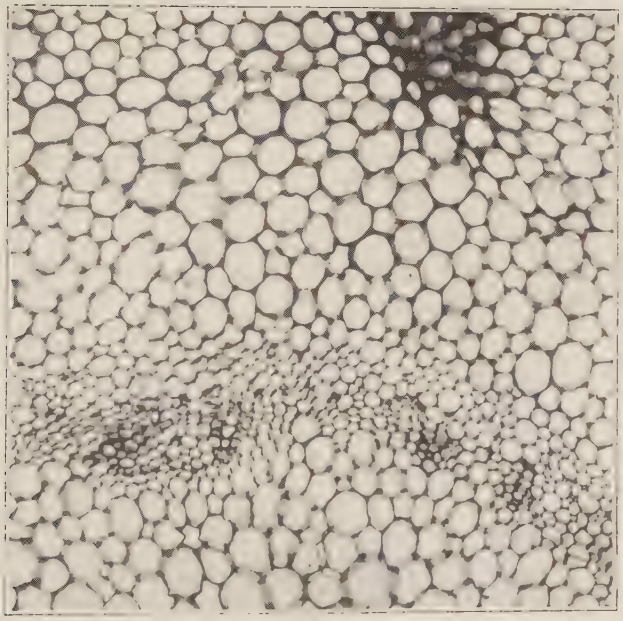

Fig. 5. A. Colani, phot.

Fig. 6.

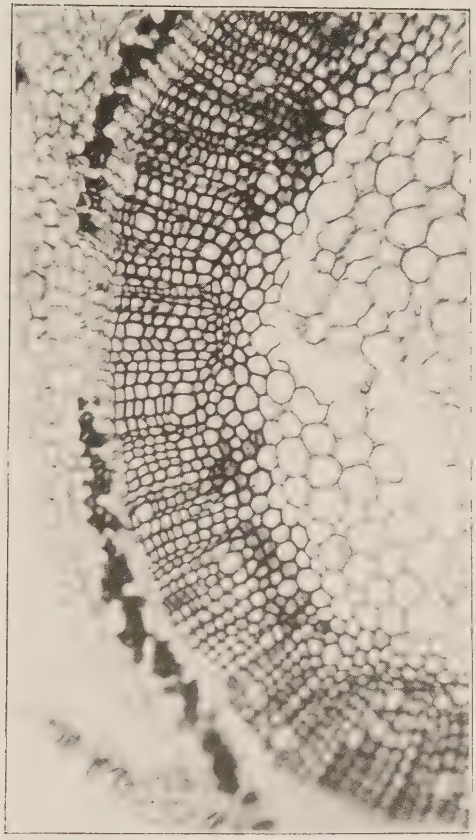

Fig. 7.

A. Colani, phot.

Fig. 8.

Fig. 9.

A. Colani, phot.

Fig. 10.

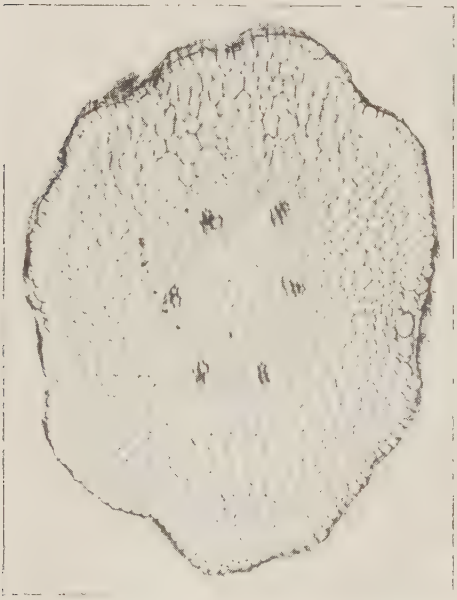

Fig. 11.

A. Colani, phot

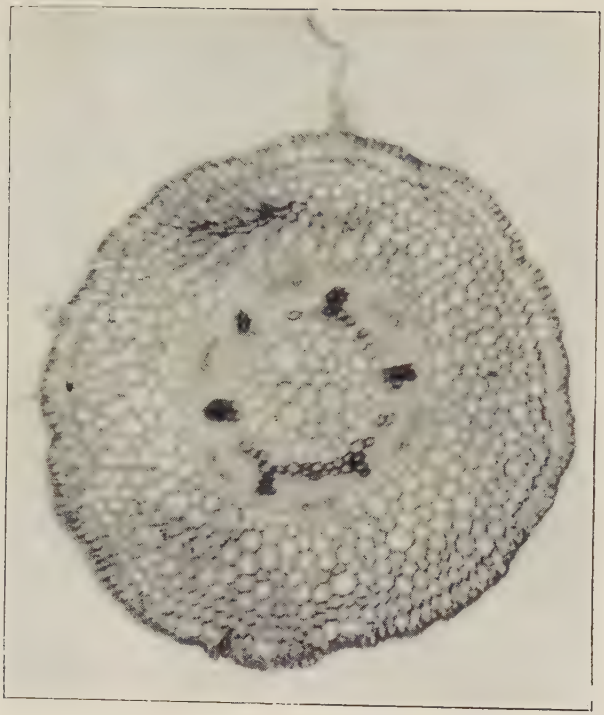

Fig. 12.

Fig. 13.

A. Colan

Fig. 15.

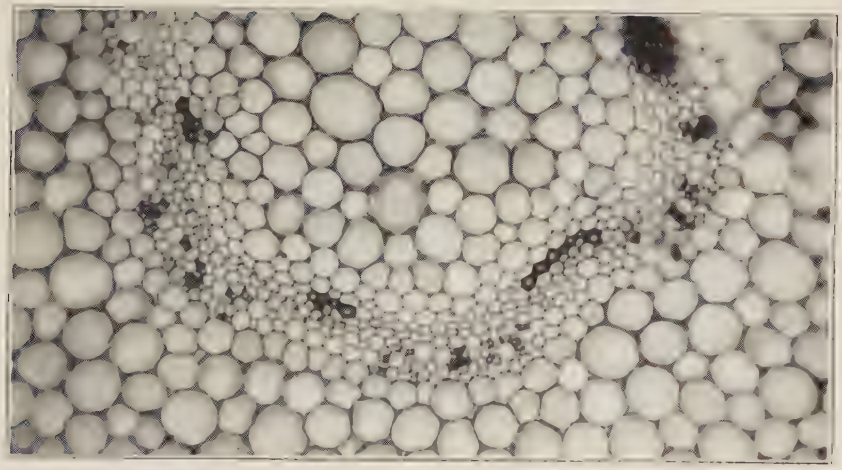

Fig. 14.

A. Colani, phot.

Fig. 16.

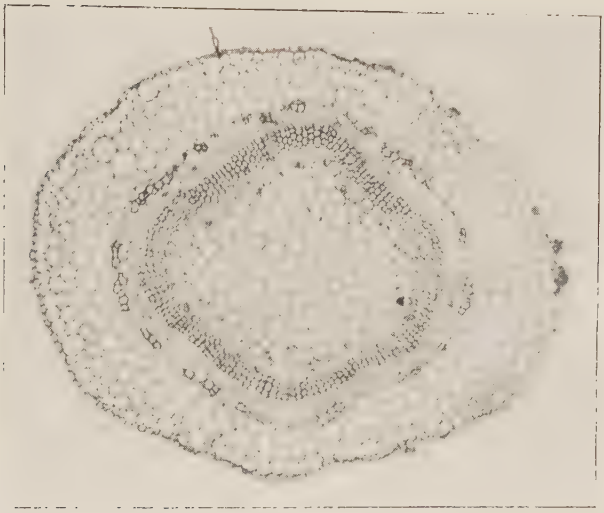

Fig. 17.

A. Colani, phot.

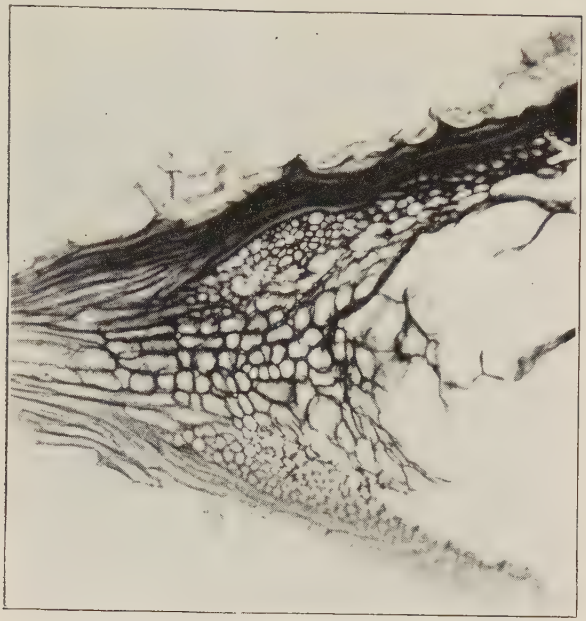

Fig. 18.

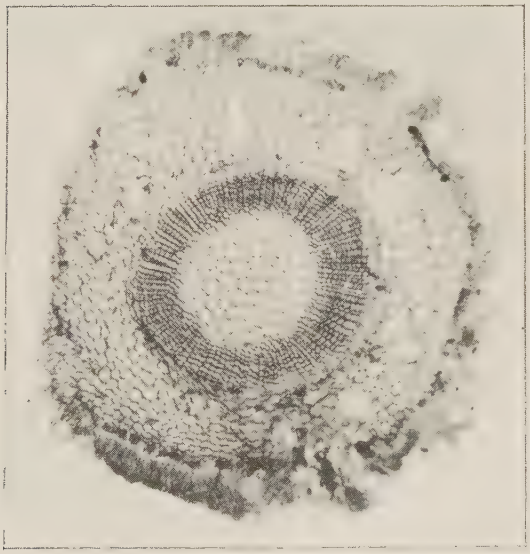

Fig. 19.

A. Colani, phot.

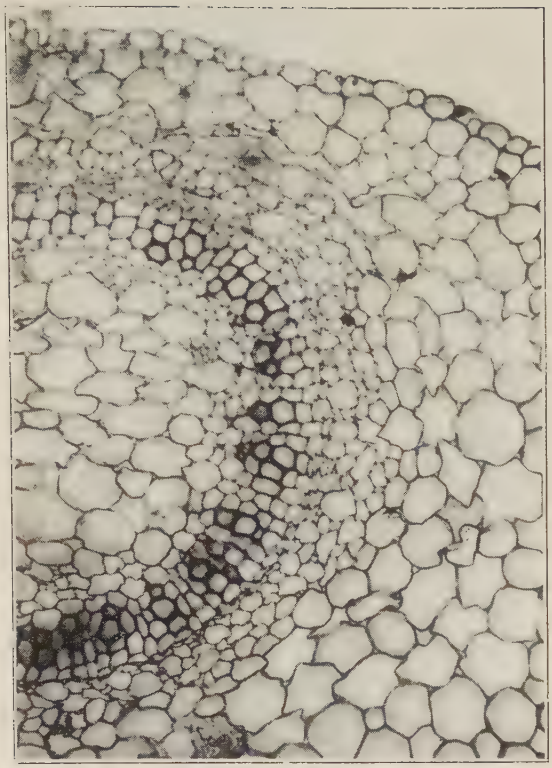

Fig. 20.

Fig. 21.

A. Colani, phot.

Fig. 22.

Fig. 23.

A. Col.

Fig. 24.

Fig. 25.

A. Colani, p[t]

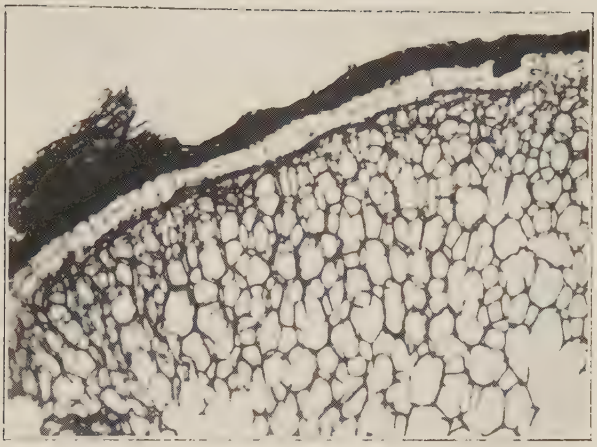

Fig. 26.

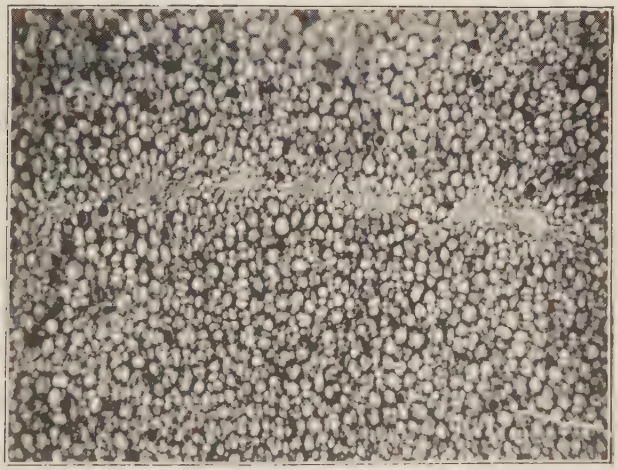

Fig. 27.

A. Colani, phot

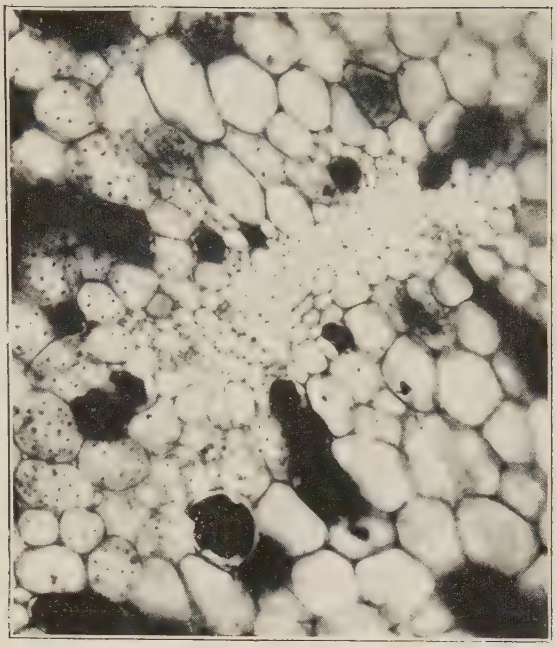

Fig. 28.

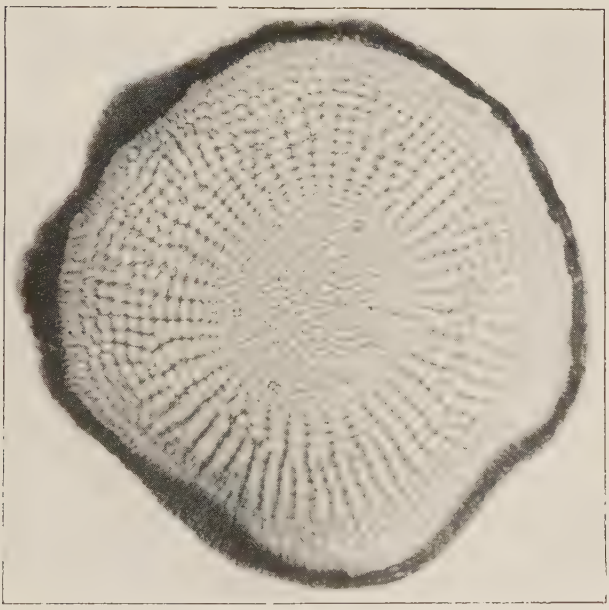

Fig. 29.

phot.

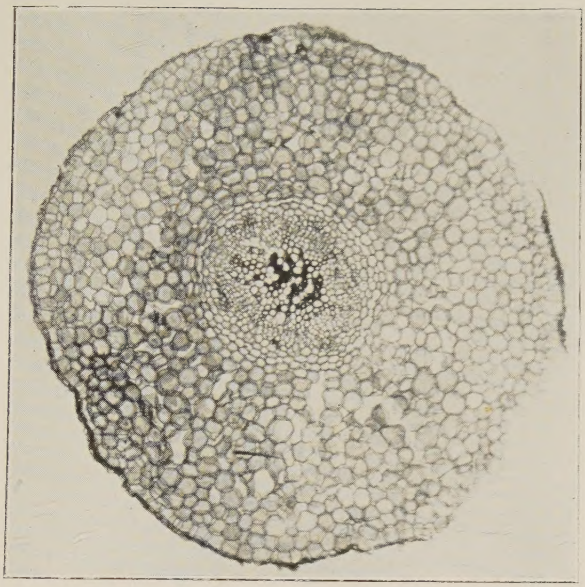

Fig. 30.

Fig. 31.

A. Colani, phot.